

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2003年12月31日 (31.12.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/000494 A1

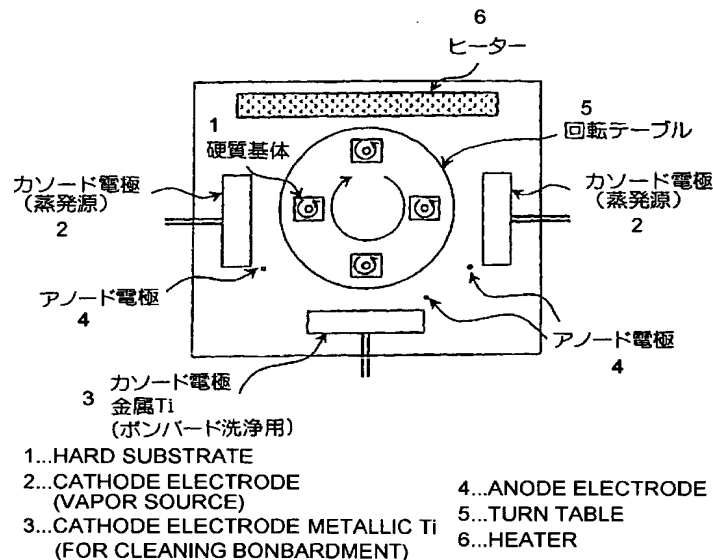
- (51) 国際特許分類: B23B 27/14, C23C 14/06
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/007866
- (22) 国際出願日: 2003年6月20日 (20.06.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-183768 2002年6月25日 (25.06.2002) JP  
特願2002-183772 2002年6月25日 (25.06.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8117 東京都千代田

- 区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP). 三菱マテリアル神戸ツールズ株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS KOBE TOOLS CORPORATION) [JP/JP]; 〒674-0071 兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池179-1 Hyogo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高岡 秀充 (TAKAOKA, Hidemitsu) [JP/JP]; 〒311-0102 茨城県那珂郡那珂町向山1002番地14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所 那珂研究センター内 Ibaraki (JP). 中村 恵滋 (NAKAMURA, Keiji) [JP/JP]; 〒311-0102 茨城県那珂郡那珂町向山1002番地14 三菱マテリアル株式会社 総合研究所 那珂研究センター内 Ibaraki (JP).

[続葉有]

(54) Title: COATED CUTTING TOOL MEMBER

(54) 発明の名称: 被覆切削工具部材



(57) Abstract: A coated cutting tool member, which comprises a hard substrate and, formed on the surface thereof through physical vapor deposition, a hard coating layer comprising a material selected from a composite nitride and a composite carbonitride of Ti and Al and having an average layer thickness of 1 to 10  $\mu$ m, wherein the hard coating layer further comprises 0.002 to 0.1 atomic ratio of Zr and 0.0005 to 0.05 atomic ratio of one or more of Y and Ce, the ratios being relative to the total amount of metal elements. The coated cutting tool member not only exhibits excellent wear resistance when various types of steel, cast iron or the like are machined under a high speed cutting condition, which is associated with the generation of high heat, but also exhibits excellent chipping resistance even when the above machining is carried out also under a high load cutting condition such as high depth of cut or high feed cutting.

(57) 要約: 各種の鋼や鋳鉄などの切削加工を、高熱発生を伴う高速切削条件で行った場合にすぐれた耐摩耗性を発揮するばかりでなく、さらに、それを高切り込みや高送りなどの高負荷切削条件で行なった場合にもすぐれた耐チッピング性を発揮する被覆切削工具

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/000494 A1



(74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA, Masatake et al.); 〒104-8453 東京都中央区八重洲2丁目3番1号 志賀国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

部材である。この被覆切削工具部材では、硬質基体表面にTiとAlの複合窒化物、複合炭窒化物から選択される硬質被覆層が1~10 $\mu$ mの平均層厚で物理蒸着され、前記硬質被覆層が、金属元素全量に対する原子比で、Zr:0.002~0.1;Y,Ceの1種以上:0.0005~0.05を共存含有する。

Rei

P10

22 DEC 2004

明細書

## 被覆切削工具部材

## 技術分野

この発明は、硬質被覆層がすぐれた高温硬さを有するのみならず、一段とすぐれた高温強度を有するため、各種の鋼や鋳鉄などの切削加工を、高熱発生を伴う高速切削条件で行った場合にすぐれた耐摩耗性を発揮するばかりでなく、さらに、それを高切り込みや高送りなどの高負荷切削条件で行なった場合にもすぐれた耐チップング性を発揮する被覆切削工具部材に関するものである。

## 背景技術

従来、一般に、切削工具には、各種の鋼や鋳鉄などの被削材の旋削加工や平削り加工にバイトやカッターの先端部に着脱自在に取り付けて用いられるインサート、前記被削材の穴あけ加工などに用いられるドリルやミニチュアドリル、さらに前記被削材の面削り加工や溝削り加工、肩削り加工などに用いられるソリッドタイプのエンドミルなどがあり、また、前記インサートをボディ先端部に着脱自在に取り付けて前記ソリッドタイプのエンドミルと同様に切削加工を行うインサート式エンドミル工具などもあることが知られている。

さらに、従来、一般に、上記の切削工具として、炭化タングステン（以下、W Cで示す）基超硬合金基体、炭窒化チタン（以下、T i C Nで示す）基サーメット基体、または立方晶窒化硼素（以下、c - B Nで示す）基焼結材料基体（以下、これらを総称して硬質基体と云う）の表面に、例えばT i の窒化物（以下、T i Nで示す）層、T i の炭窒化物（以下、T i C Nで示す）層、T i とA l の複合窒化物〔以下、(T i , A l ) Nで示す〕層などの硬質被膜を0.5~10 μ mの平均層厚で形成してなる被覆切削工具が知られており、また、これらの被覆切削工具が鋼や鋳鉄などの連続切削や断続切削に用いられていることも知られている。

さらに、上記の被覆切削工具の硬質被膜として、例えば(T i , A l ) N層は、例えば特開昭62-56565号公報に記載されるように、図2に概略説明図

で示されるアークイオンプレーティング装置を用い、例えばヒータで装置内を500℃の温度に加熱した状態で、アノード電極と目標の被膜組成に応じた組成を有するTi-Al合金がセットされたカソード電極（蒸発源）との間に、例えば、電流：90Aの条件でアーク放電を発生させ、同時に装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して、例えば反応雰囲気圧を3Paとし、一方、硬質基体には、例えば-200Vのバイアス電圧を印加する条件で物理蒸着形成されることが知られている。

また、上記の従来被覆切削工具のうち、基体表面にTiN層を被覆した被覆切削工具は、通常条件における切削加工に用いた場合にはすぐれた寿命特性を示すものの、高速条件における切削加工に用いた場合には摩耗進行が著しく早期に使用寿命に至るが、TiCN層や(Ti, Al)N層を被覆した被覆切削工具、特に(Ti, Al)N層を被覆した被覆切削工具は、(Ti, Al)N層の改良された高温硬さ、耐酸化性の効果により、高速条件における切削加工においてもすぐれた耐摩耗性を示すようになるため、現在では被覆切削工具の硬質被覆層として広く用いられていることが知られている。

さらに、上記の(Ti, Al)N層の耐酸化性や高温特性を一層向上させることを目的として、例えば特開平7-310174号公報、特開平8-199338号公報、特開平9-295204号公報、特開平11-131215号公報に記載されるように、前記硬質被覆層にSi、Y、Zr、V、Nb、Crなどの第3金属をTiおよび/またはAlと置換させた形で含有させた各種(Ti, Al, X)N層の物理蒸着形成が可能であることが知られており、これらの中ではSiを添加した、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xSi_y)N_zC_{1-z}$ （ただし、原子比で $x:0.05\sim0.75$ 、 $y:0.01\sim0.1$ 、 $z:0.6\sim1$ を示す）を満足するTiとAlとSiの複合窒化物〔以下、(Ti, Al, Si)Nで示す〕層、またはYを添加した、組成式： $(Ti_aAl_bY_c)C_xN_{1-x}$ （ただし、原子比で $a:0.3\sim0.7$ 、 $b:0.3\sim0.7$ 、 $c:0.01\sim2$ 、 $x:0\sim1$ を示す）を満足するTiとAlとYの複合窒化物〔以下、(Ti, Al, Y)Nで示す〕層において耐酸化性の改善効果が特に著しいことが知られており、前記耐酸化性が一層改善された(Ti, Al, Si)N層を被覆した被覆

切削工具は、特に高硬度鋼の切削加工において (Ti, Al) N 層よりすぐれた切削性能を発揮することが知られている。

さらに、被覆切削工具として、上記に述べたような硬質基体の表面に、組成式： $(Ti_{1-(x+y)} Al_x Zr_y) N$ （ただし、原子比で、Xは0.45～0.65、Y：0.01～0.15を示す）を満足するTiとAlとZrの複合窒化物〔以下、(Ti, Al, Zr) Nで示す〕層からなる硬質被覆層を1～15  $\mu m$ の平均層厚で物理蒸着してなる被覆切削工具が提案され、かかる被覆切削工具が、硬質被覆層を構成する前記 (Ti, Al, Zr) N 層がすぐれた高温特性（高温硬さおよび耐熱性、さらに高温強度）を有することから、高熱発生を伴う各種の鋼や鋳鉄などの高速連続切削や高速断続切削加工に用いられることも知られている。

また、上記の被覆切削工具が、例えば図2に概略説明図で示される物理蒸着装置の1種であるアークイオンプレーティング装置に上記の硬質基体を装入し、ヒータで装置内を、例えば400℃の温度に加熱した状態で、アノード電極と所定組成を有するTi-Al-Zr合金がセットされたカソード電極との間に、例えば電流：90Aの条件でアーク放電を発生させ、同時に装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して、例えば2Paの反応雰囲気とし、一方上記硬質基体には、例えば-200Vのバイアス電圧を印加した条件で、前記硬質基体の表面に、上記 (Ti, Al, Zr) N 層からなる硬質被覆層を蒸着することにより製造されることも知られている。

近年の切削加工装置の高性能化はめざましく、一方で切削加工に対する省力化および省エネ化、さらに低コスト化の要求が強まっている。これに伴い、各種の鋼や鋳鉄などの切削加工を、高熱発生を伴う高速切削条件で行った場合にすぐれた切削性能を発揮するばかりでなく、それを高切り込みや高送りなどの高負荷切削条件で行なった場合にもすぐれた切削性能を発揮する被覆切削工具が強く求められている。

一方、基体表面に前記 (Ti, Al) N 層や (Ti, Al, Si) N 層、あるいは、(Ti, Al, Zr) N 層を被覆した被覆切削工具は、高速条件における切削加工においてはすぐれた耐摩耗性を示すものの、前記高速切削加工をさらに

高切り込みや高送りなどの高負荷切削条件で行なった場合にはチッピングが発生し易くなり比較的短時間で使用寿命に至るのが現状である。

#### 発明の開示

そこで、本発明者等は、上述のような観点から、特に高速重切削加工で硬質被覆層がすぐれた耐チッピング性を発揮する被覆切削工具を開発すべく、上記の従来被覆切削工具を構成する硬質被覆層に着目し、研究を行った結果、

(a) 上記の図 2 に示されるアークイオンプレーティング装置を用いて形成された従来硬質被覆層である (Ti, Al, Zr) N 層は、厚さ全体に亘って均質な強度と靱性、高温硬さと耐熱性、さらに高温強度を有するが、例えば図 1 A に概略平面図で、図 1 B に概略正面図で示される構造のアークイオンプレーティング装置、すなわち装置中央部に基体装着用回転テーブルを設け、前記回転テーブルを挟んで、一方側に上記の従来 (Ti, Al, Zr) N 層の形成にカソード電極として用いられた Ti-Al-Zr 合金に相当する相対的に Al 含有量の高い Ti-Al-Zr 合金、他方側に相対的に Al 含有量の低い Ti-Al-Zr 合金をいずれもカソード電極として対向配置したアークイオンプレーティング装置を用い、この装置の前記回転テーブル上に、前記回転テーブルの中心軸から半径方向に離れた位置に硬質基体を装着し、この状態で装置内の反応雰囲気を窒素ガス雰囲気として前記回転テーブルを回転させると共に、蒸着形成される硬質被覆層の層厚均一化を図る目的で硬質基体自体も自転させながら、前記の両側のカソード電極とアノード電極との間にアーク放電を発生させる条件で (Ti, Al, Zr) N 層を形成すると、前記硬質基体の表面には、回転テーブル上の中心軸から半径方向に離れた位置に配置された前記硬質基体が上記の一方側の相対的に Al 含有量の高い Ti-Al-Zr 合金のカソード電極に最も接近した時点で層中に Al 成分最高含有点が形成され、また前記硬質基体が上記の他方側の相対的に Al 含有量の低い Ti-Al-Zr 合金のカソード電極に最も接近した時点で層中に Al 成分最低含有点が形成されることから、上記回転テーブルの回転によって層中には厚さ方向にそって前記 Al 成分最高含有点と Al 成分最低含有点が所定間隔をもって交互に繰り返し現れると共に、前記 Al 成分最高含有点から前記

A1成分最低含有点、前記A1成分最低含有点から前記A1成分最高含有点へA1含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造をもった(Ti, Al, Zr)N層が形成されるようになること。

(b) 上記(a)の繰り返し連続変成分濃度分布構造の(Ti, Al, Zr)N層において、対向配置の一方側のカソード電極であるTi-Al-Zr合金におけるAlおよびZr含有量を上記の従来(Ti, Al, Zr)N層形成用Ti-Al-Zr合金のAlおよびZr含有量に相当するものとし、同他方側のカソード電極であるTi-Al-Zr合金におけるAl含有量を上記の従来Ti-Al-Zr合金のAl含有量に比して相対的に低いものとすると共に、硬質基体が装着されている回転テーブルの回転速度を制御して、

上記A1成分最高含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ （ただし、原子比で、Xは0.45～0.65、Y：0.01～0.15を示す）、

上記A1成分最低含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ （ただし、原子比で、Xは0.15～0.40、Y：0.01～0.15を示す）、を満足し、かつ隣り合う上記A1成分最高含有点とA1成分最低含有点の厚さ方向の間隔を0.01～0.1 $\mu m$ とすると、上記A1成分最高含有点部分では、上記の従来(Ti, Al, Zr)N層の具備する高温硬さおよび耐熱性、強度および靱性、さらに高温強度に相当する性質を有し、一方上記A1成分最低含有点部分では、前記A1成分最高含有点部分に比してAl含有量が低く、相対的にTi含有量の高いものとなるので、一段と高い強度と靱性が確保されるようになり、かつこれらA1成分最高含有点とA1成分最低含有点の間隔をきわめて小さくしたことから、層全体の特性としてすぐれた高温硬さと耐熱性、さらに高温強度を保持した状態で一段とすぐれた強度および靱性を具備するようになり、したがって、硬質被覆層がかかる構成の(Ti, Al, Zr)N層からなる被覆切削工具は、特に各種の鋼や鋳鉄などの高速切削加工を、高い機械的衝撃を伴う高切り込みや高送りなどの重切削条件で行なった場合にも、硬質被覆層がすぐれた耐チップング性を発揮するようになること。以上(a)および(b)に示される研究結果を得たのである。

この発明は、上記の研究結果に基づいてなされたものであって、硬質基体の表

面に、(Ti, Al, Zr)N層からなる硬質被覆層を1～15 μmの全体平均層厚で物理蒸着してなる被覆切削工具において、上記硬質被覆層が、層厚方向にそって、Al成分最高含有点とAl成分最低含有点とが所定間隔をおいて交互に繰り返し存在し、かつ前記Al成分最高含有点から前記Al成分最低含有点、前記Al成分最低含有点から前記Al成分最高含有点へAl成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、

さらに、上記Al成分最高含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ （ただし、原子比で、Xは0.45～0.65、Y：0.01～0.15を示す）、

上記Al成分最低含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ （ただし、原子比で、Xは0.15～0.40、Y：0.01～0.15を示す）、を満足し、かつ隣り合う上記Al成分最高含有点とAl成分最低含有点の間隔が、0.01～0.1 μmである、高速重切削条件で硬質被覆層がすぐれた耐チップング性を発揮する被覆切削工具に特徴を有するものである。

また、この発明は、アークイオンプレーティング装置内の回転テーブル上に、前記回転テーブルの中心軸から半径方向に離れた位置にWC基超硬合金および／またはTiCN基サーメットおよび／またはc-BN基焼結材料からなる硬質基体を自転自在に装着し、上記アークイオンプレーティング装置内の反応雰囲気を窒素ガス雰囲気として、上記回転テーブルを挟んで対向配置したAl成分最高含有点形成用Ti-Al-Zr合金のカソード電極およびAl成分最低含有点形成用Ti-Al-Zr合金のカソード電極と、これらカソード電極のそれぞれに並設されたアノード電極との間にアーク放電を発生させ、もって、上記回転テーブル上で自転しながら回転する上記硬質基体の表面に、厚さ方向にそって、Al成分最高含有点とAl成分最低含有点とが所定間隔をおいて交互に繰り返し存在し、かつ前記Al成分最高含有点から前記Al成分最低含有点、前記Al成分最低含有点から前記Al成分最高含有点へAl含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、さらに、上記Al成分最高含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ （ただし、原子比で、Xは0.45～0.65、Y：0.01～0.15を示す）、上記Al成分最低含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$



$1_x Z r_y) N$  (ただし、原子比で、 $X$ は $0.15 \sim 0.40$ 、 $Y: 0.01 \sim 0.15$ を示す)、を満足し、かつ隣り合う上記A1成分最高含有点とA1成分最低含有点の間隔が、 $0.01 \sim 0.1 \mu m$ である、 $(Ti, Al, Zr) N$ からなる硬質被覆層を $1 \sim 15 \mu m$ の全体平均層厚で物理蒸着することからなる、高速重切削条件ですぐれた耐チップング性を発揮する硬質被覆層を硬質基体表面に形成する方法に特徴を有するものである。

つぎに、この発明の被覆切削工具において、これを構成する硬質被覆層の構成を上記の通りに限定した理由を説明する。

#### (A) A1成分最高含有点の組成

A1成分最高含有点の $(Ti, Al, Zr) N$ におけるTi成分は、強度および靱性を向上させ、同A1成分は、高温硬さおよび耐熱性を向上させる作用があり、したがってA1成分の含有割合が高くなればなるほど高温硬さおよび耐熱性は向上したものになり、高熱発生を伴う高速切削に適応したものになるが、A1の含有割合を示すX値がTiとZrの含量に占める割合(原子比)で $0.65$ を越えると、高強度および高靱性を有するA1成分最低含有点が隣接して存在しても層自体の強度および靱性の低下は避けられず、この結果チップングなどが発生し易くなり、一方同X値が同 $0.45$ 未満になると、所定の高温硬さおよび耐熱性を確保することが困難になることから、X値を $0.45 \sim 0.65$ と定めた。

さらに、Zr成分には高温強度を向上させる作用があるが、Zrの割合を示すY値がAlとTiの含量に占める割合(原子比)で $0.01$ 未満では所望の高温強度向上効果が得られず、さらに同Y値が $0.15$ を超えると、高温硬さおよび耐熱性に低下傾向が現れるようになることから、Y値を $0.01 \sim 0.15$ とそれぞれ定めた。

#### (B) A1成分最低含有点の組成

上記の通りA1成分最高含有点は所定の高温硬さおよび耐熱性、さらに高温強度を有するが、反面高い機械的衝撃を伴う高切り込みや高送りなどの重切削条件での高速切削加工では強度および靱性不足は避けられず、このA1成分最高含有点の強度および靱性不足を補う目的で、Ti含有割合が高く、一方A1含有量が低く、これによって一段とすぐれた強度と靱性を有するA1成分最低含有点を厚

さ方向に交互に介在させるものであり、したがってA 1の割合を示すX値がT iおよびZ r成分との含量に占める割合（原子比）で0.40を越えると、所望のすぐれた強度および靱性を確保することができず、一方同X値が0.15未満になると、所定の高温硬さおよび耐熱性を確保することができず、これが原因で高温硬さおよび耐熱性のすぐれたA 1成分最高含有点が隣接して存在しても層自体の摩耗進行が促進するようになることから、A 1成分最低含有点でのA 1の割合を示すX値を0.15～0.40と定めた。

さらに、A 1成分最低含有点におけるZ r成分も、上記の通り高温強度を向上させ、もって高熱発生を伴う高速切削に適応させる目的で含有するものであり、したがってY値が0.01未満では所望の高温強度向上効果が得られず、一方Y値が0.15を越えると高温硬さおよび耐熱性に低下傾向が現れるようになり、摩耗進行の原因となることから、Y値を0.01～0.15と定めた。

#### （C）A 1成分最高含有点とA 1成分最低含有点間の間隔

その間隔が0.01  $\mu$ m未満ではそれぞれの点を上記の組成で明確に形成することが困難であり、この結果層に所定の高温硬さと耐熱性、および高温強度を確保した上で、さらに一段とすぐれた強度と靱性を確保することができなくなり、またその間隔が0.1  $\mu$ mを越えると重切削条件での高速切削加工でそれぞれの点がもつ欠点、すなわちA 1成分最高含有点であれば強度および靱性不足、A 1成分最低含有点であれば高温硬さおよび耐熱性不足が層内に局部的に現れ、これが原因でチッピングが発生し易くなったり、摩耗進行が促進されるようになることから、その間隔を0.01～0.1  $\mu$ mと定めた。

#### （D）硬質被覆層の全体平均層厚

その層厚が1  $\mu$ m未満では、所望の耐摩耗性を確保することができず、一方その平均層厚が1.5  $\mu$ mを越えると、チッピングが発生し易くなることから、その平均層厚を1～1.5  $\mu$ mと定めた。

さらに、本発明者等は、上述のような観点から、硬質被覆層に一層すぐれた高温硬さ、および高温強度を具備させ、特に高速高負荷切削加工ですぐれた耐摩耗性、耐欠損性を発揮する被覆切削工具を開発すべく研究を行った結果、

(c) 上記の従来被覆切削工具の硬質被覆層を構成する (Ti, Al) N に、必須元素として Zr、選択元素として Y、Ce の 1 種以上を含有させて、組成式： $(\text{Ti}_{1-(a+b+c)}\text{Al}_a\text{Zr}_b\text{M}_c)\text{N}$ 、(ただし、M は Y、Ce の 1 種以上を表し、各元素の構成比率 a、b、c は、原子比で、 $a:0.05\sim0.6$ 、 $b:0.002\sim0.1$ 、 $c:0.0005\sim0.05$  を示す)、で表される Ti、Al、Zr、および Y と Ce から選択される 1 種以上の複合窒化物 [以下、(Ti, Al, Zr, M) N で示す] で硬質被覆層を構成すると、この結果の被覆切削工具は、前記 (Ti, Al, Zr, M) N が前記 (Ti, Al) N 層や (Ti, Al, Si) N 層と比較してよりすぐれた耐酸化性を発揮するようになるばかりでなく、一段と高い高温硬さを具備するようになり、したがって硬質被覆層がかかる構成の (Ti, Al, Zr, M) N 層からなる被覆切削工具は、特に各種の鋼や鋳鉄などの切削加工を高速条件で行なった場合に、一段とすぐれた耐摩耗性を発揮するようになること。

(d) 前記 (Ti, Al, Si) N 層や (Ti, Al, Y) N 層の耐酸化性向上の原因は被膜表面が酸化されることにより被膜表面に生成した酸化膜が熱的に安定で、かつ緻密なために酸素の拡散を抑制するという間接的な耐酸化性の向上であるのと異なり、前記 (Ti, Al, Zr, M) N 層のすぐれた耐酸化性は、被膜表面を含めて被膜そのものが酸化されにくくなったという直接的な耐酸化性の向上によるものであり、云いかえれば、表面部は長期にわたり硬質かつ耐酸化性にすぐれた健全な状態で維持されるものであること。

(e) 上記 (Ti, Al, Zr, M) N 層のように極めて優れた耐酸化性と極めて高い高温硬さを同時に付与することは硬質被覆層が窒化物の場合のみならず、炭窒化物の場合にも可能であるが、この場合には特に断続切削に最低限必要な耐酸化性を維持するために窒素の原子比率が 60% 以上である必要がある、すなわち、 $(\text{Ti}_{1-(a+b+c)}\text{Al}_a\text{Zr}_b\text{M}_c)\text{N}_{1-d}\text{C}_d$ 、(ただし、各元素の構成比率 a、b、c および d は、原子比で、 $a:0.05\sim0.60$ 、 $b:0.002\sim0.1$ 、 $c:0.0005\sim0.05$ 、 $d:0\sim0.4$  を示す) を満足する必要があること。

(f) 前記 (b) の成分濃度分布構造の適用による層全体の特性としてすぐれ

た高温硬さと耐熱性、さらに高温強度を保持した状態で一段とすぐれた強度および靱性を具備した硬質被覆層の形成は、TiおよびAlを含めた金属元素全量に対する原子比で、Zr : 0.002~0.1、およびY、Ceの1種以上 : 0.0005~0.05、を含有した硬質被覆層においても可能であり、該成分濃度分布構造を有する(Ti, Al, Zr, M)N層(ただし、MはY、Ceの1種以上を表す)の形成において、対向配置の一方側のカソード電極であるTi-Al-Zr-M合金におけるAl含有量を相対的に高いものとし、同他方側のカソード電極であるTi-Al-Zr-M合金におけるAl含有量を相対的に低いものとすると共に、硬質基体が装着されている回転テーブルの回転速度を制御して、

上記Al成分最高含有点が、組成式： $(Ti_{1-(a+b+c)}Al_aZr_bM_c)N$ 、(ただし、各元素の構成比率a、b、cは、原子比で、a : 0.40~0.60、b : 0.002~0.1、c : 0.0005~0.05を示す)、

上記Al成分最低含有点が、組成式： $(Ti_{1-(a+b+c)}Al_aZr_bM_c)N$ 、(ただし、各元素の構成比率a、b、cは、原子比で、a : 0.05~0.25、b : 0.002~0.1、c : 0.0005~0.05を示す)、を満足し、かつ隣り合う上記Al成分最高含有点とAl成分最低含有点の厚さ方向の間隔を0.01~0.1 $\mu m$ とすると、上記Al成分最高含有点部分では、すぐれた高温硬さおよび耐酸化性を、一方上記Al成分最低含有点部分では、一段と高い強度と靱性が確保されるようになり、かつこれらAl成分最高含有点とAl成分最低含有点の間隔をきわめて小さくしたことから、層全体の特性としてすぐれた高温硬さと耐酸化性を保持した状態で一段とすぐれた強度および靱性を具備するようになり、したがって、硬質被覆層がかかる成分濃度分布構造の(Ti, Al, Zr, M)N層からなる被覆切削工具は、特に各種の鋼や鋳鉄などの切削加工を高速高負荷条件で行なった場合にも、硬質被覆層がすぐれた耐摩耗性および耐欠損性を発揮するようになること。以上(c)から(f)に示される研究結果を得たのである。

この発明は、上記の研究結果に基づいてなされたものであって、硬質基体表面に、1~10 $\mu m$ の平均層厚で物理蒸着してなる硬質被覆層を、組成式： $(Ti$

$1 - (a + b + c)$  Al<sub>a</sub>Zr<sub>b</sub>M<sub>c</sub>) N、(ただし、MはY、Ceの1種以上を表し、各元素の構成比率 a、b、c は、原子比で、a : 0.05 ~ 0.60、b : 0.002 ~ 0.1、c : 0.0005 ~ 0.05 を示す)、で表される (Ti, Al, Zr, M) N で構成してなる、硬質被覆層が極めて高い被膜硬度を有し、すぐれた耐摩耗性を発揮する被覆切削工具に特徴を有するものであり、さらに、上記硬質被覆層が、層厚方向にそって、Al 成分最高含有点と Al 成分最低含有点とが所定間隔をおいて交互に繰り返して存在し、かつ前記 Al 成分最高含有点から前記 Al 成分最低含有点、前記 Al 成分最低含有点から前記 Al 成分最高含有点へ Al 成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、さらに、上記 Al 成分最高含有点が、組成式:  $(Ti_{1 - (a + b + c)} Al_a Zr_b M_c) N$ 、(ただし、各元素の構成比率 a、b、c は、原子比で、a : 0.40 ~ 0.60、b : 0.002 ~ 0.1、c : 0.0005 ~ 0.05 を示す)、上記 Al 成分最低含有点が、組成式:  $(Ti_{1 - (a + b + c)} Al_a Zr_b M_c) N$ 、(ただし、各元素の構成比率 a、b、c は、原子比で、a : 0.05 ~ 0.25、b : 0.002 ~ 0.1、c : 0.0005 ~ 0.05 を示す)、を満足し、かつ隣り合う上記 Al 成分最高含有点と Al 成分最低含有点の間隔が、0.01 ~ 0.1 μm である、高速高負荷条件にける切削加工においても硬質被覆層がすぐれた耐チップング性を発揮する被覆切削工具に特徴を有するものである。

つぎに、この発明の被覆切削工具の硬質被覆層を構成する (Ti, Al, Zr, M) N の構成を上記の通りに限定した理由を説明する。

#### (E) 被膜成分組成

上記 (Ti, Al, Zr, M) N において、主構成成分である Ti と Al は相互に共存した状態で被膜の高温硬さおよび耐酸化性の向上に寄与する作用をもつが、被膜中の Al 成分が 0.30 未満になると高温硬さと耐酸化性が共に低下し始める。この場合、Y および/または Ce 成分を共存含有させることですぐれた高温硬さを付与することができ、さらに耐酸化性の低下は Zr 成分を共存含有させることで抑制することができる。しかし、Al 成分が 0.05 未満になると Y および/または Ce 成分の共存含有による高温硬さの付与は維持できず、Zr 成分の共存含有をもってしても所望の耐酸化性を確保することができなくな

り、一方、Al成分が0.60を越えると、Yおよび／またはCeとの共存効果で被膜組織の粒界密度が過剰に高くなり、粒界からの酸化進行が促進されるようになることから、その割合をAl : 0.05～0.60、望ましくは0.30～0.50と定めた。

また、同じく構成成分であるZrは、Al成分の存在比率に応じた割合で共存した状態で被膜の酸化を防止し、もって硬質被覆層表面の酸化による機能低下を防止し長期に亘ってすぐれた耐摩耗性を維持する作用をもつが、その割合が0.002未満では所望の耐酸化性向上効果が得られず、一方、Zrの窒化物自体は高温硬さが決して高くないものであるため、その割合が金属元素全量に対する原子比で0.1を越えて高くなると層自体の高温硬さが低下し、高速切削加工に要求される高温硬さを保持することが困難になり、Ti、AlおよびYおよび／またはCeによって具備されるすぐれた耐摩耗性を維持することができなくなることから、その割合をZr : 0.002～0.1、望ましくは0.005～0.05と定めた。

また、同じく構成成分であるYおよび／またはCeは、TiおよびAl成分と所定の比率で共存した状態で(Ti, Al, Zr)N層の高温硬さを向上させる目的で含有させるものであるが、その割合が0.0005未満では所望の高温硬さ向上効果が得られず、一方、Yおよび／またはCeの窒化物自体も高温硬さが決して高くないものであるため、その割合が金属元素全量に対する原子比で0.05を越えて高くなると(Ti, Al, Zr, M)N層としての高温硬さが低下し、高速切削加工に要求される高温硬さを保持することが困難になり、その結果摩耗進行が促進されるようになることから、その割合をYおよび／またはCe : 0.0005～0.05、望ましくは0.001～0.02と定めた。

#### (F) Al成分最高含有点の組成

成分濃度分布構造被膜におけるAl成分最高含有点の(Ti, Al, Zr, M)NにおけるTi成分は、強度および靱性を向上させ、同Al成分は、Ti成分と共存した状態で被膜の高温硬さおよび耐酸化性を向上させる作用があり、したがってAl成分の含有割合が高いほど高温硬さおよび耐酸化性は向上したものになり、高熱発生を伴う高速重切削に適応したものになるが、先に示したようにA

l の含有割合を示す a 値が金属元素全量に占める割合（原子比）で 0.60 を越えると、Y および／または Ce との共存効果で被膜組織の粒界密度が過剰に高くなり、粒界からの酸化進行が促進されるようになり、一方、すぐれた強度と靱性を有する一方、高温硬さと耐酸化性が相対的に低いものである Al 成分最低含有点との共存を考慮して、Al 成分最高含有点には特にすぐれた高温の硬さと耐酸化性を付与する必要があるため、a 値を 0.40 ～ 0.60 と定めた。

#### (G) Al 成分最低含有点の組成

上記の通り Al 成分最高含有点は所定の高温硬さおよび耐酸化性を有するが、反面高い機械的衝撃を伴う高切り込みや高送りなどの高負荷切削条件での高速切削加工では強度および靱性不足は避けられず、この Al 成分最高含有点の強度および靱性不足を補う目的で、Ti 含有割合が高く、一方 Al 含有量が低く、これによって一段とすぐれた強度と靱性を有する Al 成分最低含有点を厚さ方向に交互に介在させるものであり、したがって Al の割合を示す a 値が金属元素全量に占める割合（原子比）で 0.25 を越えると、所望のすぐれた強度および靱性を確保することができず、一方同 a 値が 0.05 未満になると、Zr および Y および／または Ce との共存下においても高温硬さおよび耐酸化性が急激に低下し、これが原因で高温硬さおよび耐酸化性が極めてすぐれた Al 成分最高含有点が隣接して存在しても層自体の摩耗進行が促進するようになることから、Al 成分最低含有点での Al の割合を示す X 値を 0.05 ～ 0.25 と定めた。

#### (H) Al 成分最高含有点と Al 成分最低含有点間の間隔

その間隔が 0.01  $\mu\text{m}$  未満ではそれぞれの点を上記の組成で明確に形成することが困難であり、この結果層に所定の高温硬さと耐酸化性を確保した上で、さらに一段とすぐれた強度と靱性を確保することができなくなり、またその間隔が 0.1  $\mu\text{m}$  を越えると高負荷切削条件での高速切削加工でそれぞれの点があつ欠点、すなわち Al 成分最高含有点であれば強度および靱性不足、Al 成分最低含有点であれば耐酸化性および高温硬さ不足が層内に局部的に現れ、これが原因でチッピングが発生し易くなったり、摩耗進行が促進されるようになることから、その間隔を 0.01 ～ 0.1  $\mu\text{m}$  と定めた。

#### (I) 硬質被覆層の全体平均層厚

その層厚が $1\mu\text{m}$ 未満では、所望の耐摩耗性を確保することができず、一方その平均層厚が $10\mu\text{m}$ を越えると、チッピングが発生し易くなることから、その平均層厚を $1\sim 10\mu\text{m}$ と定めた。

#### 図面の簡単な説明

図1A、1Bは、この発明の被覆切削工具を構成する硬質被覆層を形成するのに用いたアークイオンプレーティング装置を示し、図1Aは概略平面図、図1Bは概略正面図である。

図2は、従来被覆切削工具を構成する硬質被覆層を形成するのに用いた通常のアークイオンプレーティング装置の概略説明図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

ついで、この発明の被覆切削工具を実施例により具体的に説明する。

##### (実施例1)

原料粉末として、いずれも $1\sim 3\mu\text{m}$ の平均粒径を有するWC粉末、TiC粉末、VC粉末、TaC粉末、NbC粉末、 $\text{Cr}_3\text{C}_2$ 粉末、およびCo粉末を用意し、これら原料粉末を、表1に示される配合組成に配合し、ボールミルで48時間湿式混合し、乾燥した後、 $100\text{MPa}$ の圧力で圧粉体にプレス成形し、この圧粉体を $6\text{Pa}$ の真空中、温度： $1420^\circ\text{C}$ に1時間保持の条件で焼結し、焼結後、切刃部分にR：0.03のホーニング加工を施してISO規格・CNMG120412のインサート形状をもったWC基超硬合金製の硬質基体A-1～A-10を形成した。

また、原料粉末として、いずれも $0.5\sim 2\mu\text{m}$ の平均粒径を有するTiCN（重量比でTiC/TiN=50/50）粉末、 $\text{Mo}_2\text{C}$ 粉末、ZrC粉末、NbC粉末、TaC粉末、WC粉末、Co粉末、およびNi粉末を用意し、これら原料粉末を、表2に示される配合組成に配合し、ボールミルで72時間湿式混合し、乾燥した後、 $100\text{MPa}$ の圧力で圧粉体にプレス成形し、この圧粉体を $2\text{kPa}$ の窒素雰囲気中、温度： $1520^\circ\text{C}$ に1時間保持の条件で焼結し、焼結後、切刃部分にR：0.03のホーニング加工を施してISO規格・CNMG12



0412のインサート形状をもったTiCN系サーメット製の硬質基体B-1～B-6を形成した。

ついで、上記の硬質基体A-1～A-10およびB-1～B-6のそれぞれを、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、図1A、1Bに示されるアークイオンプレーティング装置内の回転テーブル上に外周部にそって装着し、一方側のカソード電極（蒸発源）として、種々の成分組成をもったAl成分最高含有点形成用Ti-Al-Zr合金、他方側のカソード電極としてAl成分最低含有点形成用Ti-Al-Zr合金を前記回転テーブルを挟んで対向配置し、またボンバード洗浄用金属Tiも装着し、まず、装置内を排気して0.5Pa以下の真空に保持しながら、ヒーターで装置内を500℃に加熱した後、前記回転テーブル上で自転しながら回転する硬質基体に-1000Vの直流バイアス電圧を印加し、かつカソード電極の前記金属Tiとアノード電極との間に100Aの電流を流してアーク放電を発生させ、もって硬質基体表面をTiボンバード洗浄し、ついで装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して3Paの反応雰囲気とすると共に、前記回転テーブル上で自転しながら回転する硬質基体に-30Vの直流バイアス電圧を印加し、かつそれぞれのカソード電極（前記Al成分最高含有点形成用Ti-Al-Zr合金およびAl成分最低含有点形成用Ti-Al-Zr合金）とアノード電極との間に150Aの電流を流してアーク放電を発生させ、もって前記硬質基体の表面に、厚さ方向に沿って表3、4に示される目標組成のAl成分最高含有点とAl成分最低含有点とが交互に同じく表3、4に示される目標間隔で繰り返し存在し、かつ前記Al成分最高含有点から前記Al成分最低含有点、前記Al成分最低含有点から前記Al成分最高含有点へAl成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、かつ同じく表3、4に示される目標全体層厚の硬質被覆層を蒸着することにより、本発明被覆切削工具としての本発明表面被覆超硬合金製インサート（以下、本発明被覆インサートと云う）1A～10A、1B～6Bをそれぞれ製造した。

また、比較の目的で、これら硬質基体A-1～A-10およびB-1～B-6を、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、それぞれ図2に示される通常のアークイオンプレーティング装置に装入し、カソード電極として種々の成分組

成をもったTi-Al-Zr合金を装着し、またボンバード洗浄用金属Tiも装着し、まず、装置内を排気して0.5Pa以下の真空中に保持しながら、ヒーターで装置内を400℃に加熱した後、前記硬質基体に-1000Vの直流バイアス電圧を印加し、かつカソード電極の前記金属Tiとアノード電極との間に90Aの電流を流してアーク放電を発生させ、もって硬質基体表面をTiボンバード洗浄し、ついで装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して2Paの反応雰囲気とすると共に、前記硬質基体に印加するバイアス電圧を-200Vに下げて、前記カソード電極とアノード電極との間にアーク放電を発生させ、もって前記硬質基体A-1~A-10およびB-1~B-6のそれぞれの表面に、表5, 6に示される目標組成および目標層厚を有し、かつ厚さ方向に沿って実質的に組成変化のない(Ti, Al, Zr)N層からなる硬質被覆層を蒸着することにより、従来被覆切削工具としての従来表面被覆超硬合金製インサート（以下、従来被覆インサートと云う）1a~10a、1b~6bをそれぞれ製造した。

つぎに、上記本発明被覆インサート1A~10A、1B~6Bおよび従来被覆インサート1a~10a、1b~6bについて、これを工具鋼製バイトの先端部に固定治具にてネジ止めした状態で、

被削材：JIS・SNCM439の丸棒、

切削速度：300m/min、

切り込み：5.5mm、

送り：0.15mm/rev、

切削時間：5分、の条件での合金鋼の乾式連続高速高切り込み切削加工試験、

被削材：JIS・SCM440の長さ方向等間隔4本縦溝入り丸棒、

切削速度：300m/min、

切り込み：1.6mm、

送り：0.5mm/rev、

切削時間：5分、の条件での合金鋼の乾式断続高速高送り切削加工試験、さらに、

被削材：JIS・FC300の丸棒、

切削速度：320m/min、

切り込み：5.5 mm、

送り：0.15 mm/rev、

切削時間：5分、の条件での鋳鉄の乾式連続高速高切り込み切削加工試験を行い、いずれの切削加工試験でも切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。この測定結果を表7に示した。

[表1]

種別		配合組成（重量％）						
		Co	TiC	TaC	NbC	VC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	WC
基体 (インサート)	A-1	5.5	—	—	—	—	0.3	残
	A-2	6.5	—	1	—	—	—	残
	A-3	7	—	—	—	—	0.4	残
	A-4	7.5	2	—	1	—	—	残
	A-5	8.5	—	—	—	0.3	0.3	残
	A-6	9	6	—	4	—	—	残
	A-7	10	—	1	—	—	0.5	残
	A-8	11	5	—	7	—	0.5	残
	A-9	12.5	—	—	—	1.5	0.8	残
	A-10	11.5	10	—	8	—	—	残

[表2]

種別		配合組成（重量％）							
		Co	Ni	ZrC	TaC	NbC	Mo <sub>2</sub> C	WC	TiCN
基体 (インサート)	B-1	15	5	—	10	—	10	16	残
	B-2	8	7	—	5	—	7.5	—	残
	B-3	7	2	—	—	—	6	10	残
	B-4	13	7	—	11	2	—	—	残
	B-5	9	6	1	8	—	10	10	残
	B-6	14	5	—	10	—	9.5	14.5	残

[表3]

種別	基体番号	硬質被覆層											
		Al 最高含有点				Al 最低含有点				両点間の 目標間隔 ( $\mu\text{m}$ )		目標全体 層厚 ( $\mu\text{m}$ )	
		目標組成(原子比)				目標組成(原子比)							
		Ti	Al	Zr	N	Ti	Al	Zr	N				
1A	A-1	0.45	0.45	0.10	1.00	0.60	0.30	0.10	1.00	0.01	0.01	5	
2A	A-2	0.35	0.50	0.15	1.00	0.74	0.25	0.01	1.00	0.03	0.03	9	
3A	A-3	0.40	0.55	0.05	1.00	0.75	0.20	0.15	1.00	0.05	0.05	1	
4A	A-4	0.30	0.60	0.10	1.00	0.80	0.15	0.05	1.00	0.07	0.07	11	
5A	A-5	0.34	0.65	0.01	1.00	0.70	0.20	0.10	1.00	0.09	0.09	6	
6A	A-6	0.50	0.45	0.05	1.00	0.64	0.35	0.01	1.00	0.02	0.02	13	
7A	A-7	0.40	0.50	0.10	1.00	0.45	0.40	0.15	1.00	0.04	0.04	3	
8A	A-8	0.30	0.55	0.15	1.00	0.70	0.25	0.05	1.00	0.06	0.06	15	
9A	A-9	0.39	0.60	0.01	1.00	0.75	0.15	0.10	1.00	0.08	0.08	4	
10A	A-10	0.30	0.65	0.05	1.00	0.65	0.30	0.05	1.00	0.10	0.10	7	

本 発 明 被 覆 イ ン サ ー ト

[表4]

種別	基体番号	硬質被覆層											両点間の 目標間隔 ( $\mu\text{m}$ )	目標全体 層厚 ( $\mu\text{m}$ )
		Al 最高含有点					Al最低含有点							
		目標組成(原子比)					目標組成(原子比)							
		Ti	Al	Zr	N		Ti	Al	Zr	N				
1B	B-1	0.44	0.55	0.01	1.00		0.59	0.40	0.01	1.00		0.01	15	
2B	B-2	0.30	0.65	0.05	1.00		0.75	0.15	0.10	1.00		0.02	8	
3B	B-3	0.45	0.45	0.10	1.00		0.65	0.30	0.05	1.00		0.04	6	
4B	B-4	0.35	0.50	0.15	1.00		0.65	0.25	0.10	1.00		0.06	10	
5B	B-5	0.30	0.60	0.10	1.00		0.65	0.20	0.15	1.00		0.08	1	
6B	B-6	0.40	0.55	0.05	1.00		0.60	0.35	0.05	1.00		0.10	4	

本発明被覆インサート

[表5]

種別		基体番号	硬質被服層				
			目標組成(原子比)				目標層厚 ( $\mu\text{m}$ )
			Ti	Al	Zr	N	
従来被覆インサート	1a	A-1	0.45	0.45	0.10	1.00	5
	2a	A-2	0.35	0.50	0.15	1.00	9
	3a	A-3	0.40	0.55	0.05	1.00	1
	4a	A-4	0.30	0.60	0.10	1.00	11
	5a	A-5	0.34	0.65	0.01	1.00	6
	6a	A-6	0.50	0.45	0.05	1.00	13
	7a	A-7	0.40	0.50	0.10	1.00	3
	8a	A-8	0.30	0.55	0.15	1.00	15
	9a	A-9	0.39	0.60	0.01	1.00	4
	10a	A-10	0.30	0.65	0.05	1.00	7

[表6]

種別		基体番号	硬質被覆層				
			目標組成(原子比)				目標層厚 ( $\mu\text{m}$ )
			Ti	Al	Zr	N	
従来被覆インサート	1b	B-1	0.44	0.55	0.01	1.00	15
	2b	B-2	0.30	0.65	0.05	1.00	8
	3b	B-3	0.45	0.45	0.10	1.00	6
	4b	B-4	0.35	0.50	0.15	1.00	10
	5b	B-5	0.30	0.60	0.10	1.00	1
	6b	B-6	0.40	0.55	0.05	1.00	4

[表7]

種別		逃げ面摩耗幅(mm)			種別	切削試験結果			
		合金鋼の連続高速高切り込み	合金鋼の断続高速高送り	鋳鉄の連続高速高切り込み		合金鋼の連続高速高切り込み	合金鋼の断続高速高送り	鋳鉄の連続高速高切り込み	
本発明被覆硬質インサート	1A	0.23	0.19	0.18	従来被覆硬質インサート	1a	2.9分 で寿命	2.7分 で寿命	3.5分 で寿命
	2A	0.18	0.15	0.13		2a	2.5分 で寿命	1.7分 で寿命	3.0分 で寿命
	3A	0.28	0.26	0.25		3a	4.1分 で寿命	3.6分 で寿命	4.6分 で寿命
	4A	0.16	0.14	0.11		4a	2.2分 で寿命	1.3分 で寿命	2.7分 で寿命
	5A	0.22	0.20	0.17		5a	3.4分 で寿命	2.3分 で寿命	3.4分 で寿命
	6A	0.14	0.12	0.09		6a	1.8分 で寿命	0.9分 で寿命	2.6分 で寿命
	7A	0.26	0.24	0.23		7a	3.9分 で寿命	3.1分 で寿命	4.2分 で寿命
	8A	0.12	0.10	0.08		8a	1.5分 で寿命	0.7分 で寿命	2.2分 で寿命
	9A	0.23	0.20	0.20		9a	3.7分 で寿命	3.0分 で寿命	3.8分 で寿命
	10A	0.19	0.18	0.15		10a	3.0分 で寿命	1.8分 で寿命	3.1分 で寿命
	1B	0.11	0.10	0.10		1b	1.4分 で寿命	0.5分 で寿命	1.8分 で寿命
	2B	0.19	0.18	0.19		2b	2.7分 で寿命	1.7分 で寿命	2.9分 で寿命
	3B	0.21	0.21	0.20		3b	3.1分 で寿命	2.0分 で寿命	3.1分 で寿命
	4B	0.16	0.17	0.15		4b	2.1分 で寿命	1.5分 で寿命	2.7分 で寿命
	5B	0.27	0.26	0.28		5b	3.9分 で寿命	3.3分 で寿命	4.4分 で寿命
	6B	0.25	0.23	0.22		6b	3.4分 で寿命	2.9分 で寿命	3.7分 で寿命

(表中、寿命は切刃に発生したチッピングが原因)



## (実施例 2)

原料粉末として、平均粒径：5.5  $\mu\text{m}$ を有する中粗粒WC粉末、同0.8  $\mu\text{m}$ の微粒WC粉末、同1.3  $\mu\text{m}$ のTaC粉末、同1.2  $\mu\text{m}$ のNbC粉末、同1.2  $\mu\text{m}$ のZrC粉末、同2.3  $\mu\text{m}$ のCr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>粉末、同1.5  $\mu\text{m}$ のVC粉末、同1.0  $\mu\text{m}$ の(Ti, W)C粉末、および同1.8  $\mu\text{m}$ のCo粉末を用意し、これら原料粉末をそれぞれ表8に示される配合組成に配合し、さらにワックスを加えてアセトン中で50時間ボールミル混合し、減圧乾燥した後、100 MPaの圧力で所定形状の各種の圧粉体にプレス成形し、これらの圧粉体を、6 Paの真空雰囲気中、7℃/分の昇温速度で1370～1470℃の範囲内の所定の温度に昇温し、この温度に1時間保持後、炉冷の条件で焼結して、直径が8 mm、13 mm、および26 mmの3種の硬質基体形成用丸棒焼結体を形成し、さらに前記の3種の丸棒焼結体から、研削加工にて、表8に示される組合せで、切刃部の直径×長さがそれぞれ6 mm×13 mm、10 mm×22 mm、および20 mm×45 mmの寸法、並びにいずれもねじれ角：30度の4枚刃スクエア形状をもった硬質基体（エンドミル）C-1～C-8をそれぞれ製造した。

ついで、これらの硬質基体（エンドミル）C-1～C-8を、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図1A、1Bに示されるアークイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例1と同一の条件で、層厚方向に沿って表9に示される目標組成のA1成分最高含有点とA1成分最低含有点とが交互に同じく表9に示される目標間隔で繰り返して存在し、かつ前記A1成分最高含有点から前記A1成分最低含有点、前記A1成分最低含有点から前記A1成分最高含有点へA1成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、かつ同じく表9に示される目標全体層厚の硬質被覆層を蒸着することにより、本発明被覆切削工具としての本発明表面被覆超硬合金製エンドミル（以下、本発明被覆エンドミルと云う）1C～8Cをそれぞれ製造した。

また、比較の目的で、上記の硬質基体（エンドミル）C-1～C-8を、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図2に示される通常のアークイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例1と同一の条件で、表10に示される目標組成および目標層厚を有し、かつ厚さ方向に沿って実質的に組成変化の

ない (Ti, Al, Zr) N層からなる硬質被覆層を蒸着することにより、従来被覆切削工具としての従来表面被覆超合金製エンドミル（以下、従来被覆エンドミルと云う）1c～8cをそれぞれ製造した。

つぎに、上記本発明被覆エンドミル1C～8Cおよび従来被覆エンドミル1c～8cのうち、本発明被覆エンドミル1C～3Cおよび従来被覆エンドミル1c～3cについては、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・FC300の板材、

切削速度：320m/min、

軸方向切り込み：10mm、

径方向切り込み：1.8mm、

テーブル送り：210mm/分、の条件での鋳鉄の湿式高速高切り込み側面切削加工試験、本発明被覆エンドミル4C～6Cおよび従来被覆エンドミル4c～6cについては、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・SCM440の板材、

切削速度：300m/min、

軸方向切り込み：18mm、

径方向切り込み：3mm、

テーブル送り：195mm/分、の条件での合金鋼の湿式高速高切り込み側面切削加工試験、本発明被覆エンドミル7C、8Cおよび従来被覆エンドミル7c、8cについては、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・SNCM439の板材、

切削速度：290m/min、

軸方向切り込み：40mm、

径方向切り込み：6mm、

テーブル送り：100mm/分、の条件での合金鋼の湿式高速高切り込み側面切削加工試験をそれぞれ行い、いずれの湿式側面切削加工試験（水溶性切削油使

用)でも切刃部の外周刃の逃げ面摩耗幅が使用寿命の目安とされる0.1 mmに至るまでの切削長を測定した。この測定結果を表9, 10にそれぞれ示した。

[表8]

種別	配合組成 (重量%)								切刃部の直径 × 長さ(mm)
	Co	(Ti,W)C	TaC	NbC	ZrC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	VC	WC	
C-1	12	—	—	—	—	0.8	—	微粒:残	6×13
C-2	10	—	—	—	—	0.4	0.4	微粒:残	6×13
C-3	8.5	10	10	7	—	—	—	中粗粒:残	6×13
C-4	10	—	—	—	—	0.5	—	微粒:残	10×22
C-5	9	8	9	1	—	—	—	中粗粒:残	10×22
C-6	6	—	1	—	—	—	—	微粒:残	10×22
C-7	11	—	—	—	—	1	—	微粒:残	20×45
C-8	8	5	1	5	5	—	—	中粗粒:残	20×45

基体  
(エンドミル)

[表9]

種別	基体番号	硬質被覆層											切削長 (m)
		Al 最高含有点				Al最低含有点				両点間の 目標間隔 (μm)	目標全体 層厚 (μm)		
		目標組成(原子比)				目標組成(原子比)							
		Ti	Al	Zr	N	Ti	Al	Zr	N				
		1C	C-1	0.30	0.65	0.05	1.00	0.75	0.20			0.05	
2C	C-2	0.35	0.55	0.10	1.00	0.60	0.30	0.10	1.00	0.03	3	103	
3C	C-3	0.40	0.45	0.15	1.00	0.59	0.40	0.01	1.00	0.07	4	110	
4C	C-4	0.39	0.60	0.01	1.00	0.70	0.25	0.05	1.00	0.10	6	60	
5C	C-5	0.35	0.55	0.10	1.00	0.75	0.15	0.10	1.00	0.08	8	69	
6C	C-6	0.45	0.50	0.05	1.00	0.50	0.35	0.15	1.00	0.06	10	74	
7C	C-7	0.35	0.60	0.05	1.00	0.65	0.25	0.10	1.00	0.04	12	66	
8C	C-8	0.40	0.50	0.10	1.00	0.60	0.35	0.05	1.00	0.02	15	73	
本 発 明 被 覆 エ ン ド ミ ル													

本発明被覆エンドミル

[表10]

種別	基本番号	硬質被覆層					切削長(m)	
		目標組成(原子比)				目標層厚 ( $\mu\text{m}$ )		
		Ti	Al	Zr	N			
従来被覆 エンドミル	1c	C-1	0.30	0.65	0.05	1.00	1	36mで寿命
	2c	C-2	0.35	0.55	0.10	1.00	3	42mで寿命
	3c	C-3	0.40	0.45	0.15	1.00	4	45mで寿命
	4c	C-4	0.39	0.60	0.01	1.00	6	23mで寿命
	5c	C-5	0.35	0.55	0.10	1.00	8	22mで寿命
	6c	C-6	0.45	0.50	0.05	1.00	10	18mで寿命
	7c	C-7	0.35	0.60	0.05	1.00	12	15mで寿命
	8c	C-8	0.40	0.50	0.10	1.00	15	11mで寿命

(表中、寿命は切刃に発生したチッピングが原因)

従来被覆エンドミル

## (実施例 3)

上記の実施例 2 で製造した直径が 8 mm (硬質基体 C-1 ~ C-3 形成用)、13 mm (硬質基体 C-4 ~ C-6 形成用)、および 26 mm (硬質基体 C-7、C-8 形成用) の 3 種の丸棒焼結体を用い、この 3 種の丸棒焼結体から、研削加工にて、溝形成部の直径×長さがそれぞれ 4 mm×13 mm (硬質基体 D-1 ~ D-3)、8 mm×22 mm (硬質基体 D-4 ~ D-6)、および 16 mm×45 mm (硬質基体 D-7、D-8) の寸法、並びにいずれもねじれ角: 30 度の 2 枚刃形状をもった硬質基体 (ドリル) D-1 ~ D-8 をそれぞれ製造した。

ついで、これらの硬質基体 (ドリル) D-1 ~ D-8 の切刃に、ホーニングを施し、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図 1 A、1 B に示されるアーキオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 1 と同一の条件で、層厚方向に沿って表 1 1 に示される目標組成の A 1 成分最高含有点と A 1 成分最低含有点とが交互に同じく表 1 1 に示される目標間隔で繰り返し存在し、かつ前記 A 1 成分最高含有点から前記 A 1 成分最低含有点、前記 A 1 成分最低含有点から前記 A 1 成分最高含有点へ A 1 成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、かつ同じく表 1 1 に示される目標全体層厚の硬質被覆層を蒸着することにより、本発明被覆切削工具としての本発明表面被覆超合金製ドリル (以下、本発明被覆ドリルと云う) 1 D ~ 8 D をそれぞれ製造した。

また、比較の目的で、上記の硬質基体 (ドリル) D-1 ~ D-8 の切刃に、ホーニングを施し、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図 2 に示される通常のアーキオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 1 と同一の条件で、表 1 2 に示される目標組成および目標層厚を有し、かつ厚さ方向に沿って実質的に組成変化のない (Ti, Al, Zr) N 層からなる硬質被覆層を蒸着することにより、従来被覆切削工具としての従来表面被覆超合金製ドリル (以下、従来被覆ドリルと云う) 1 d ~ 8 d をそれぞれ製造した。

つぎに、上記本発明被覆ドリル 1 D ~ 8 D および従来被覆ドリル 1 d ~ 8 d のうち、本発明被覆ドリル 1 D ~ 3 D および従来被覆ドリル 1 d ~ 3 d については、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・FC300の板材、

切削速度：200m/min、

送り：0.5mm/rev、

穴深さ：10mmの条件での鋳鉄の湿式高速高送り穴あけ切削加工試験、本発明被覆ドリル4D～6Dおよび従来被覆ドリル4d～6dについては、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・SCM440の板材、

切削速度：175m/min、

送り：0.4mm/rev、

穴深さ：1.5mmの条件での合金鋼の湿式高速高送り穴あけ切削加工試験、本発明被覆ドリル7D、8Dおよび従来被覆ドリル7d、8dについては、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・SNM439の板材、

切削速度：175m/min、

送り：0.5mm/rev、

穴深さ：30mmの条件での合金鋼の湿式高速高送り穴あけ切削加工試験、をそれぞれ行い、いずれの湿式高速穴あけ切削加工試験（水溶性切削油使用）でも先端切刃面の逃げ面摩耗幅が0.3mmに至るまでの穴あけ加工数を測定した。この測定結果を表11、12にそれぞれ示した。



[表11]

種別	基体番号	硬質被覆層												加工数 (穴)
		Al 最高含有点		Al最低含有点						両点間の 目標間隔 ( $\mu\text{m}$ )		目標全体 層厚 ( $\mu\text{m}$ )		
				目標組成(原子比)										
		目標組成(原子比)						目標組成(原子比)						
		Ti	Al	Zr	N	Ti	Al	Zr	N	Ti	Al	Zr	N	
1D	D-1	0.30	0.55	0.15	1.00	0.60	0.35	0.05	1.00	0.03	4	1349		
2D	D-2	0.45	0.45	0.10	1.00	0.75	0.15	0.10	1.00	0.01	3	1184		
3D	D-3	0.34	0.65	0.01	1.00	0.55	0.30	0.15	1.00	0.08	1	903		
4D	D-4	0.40	0.55	0.05	1.00	0.59	0.40	0.01	1.00	0.06	6	1086		
5D	D-5	0.30	0.60	0.10	1.00	0.75	0.20	0.05	1.00	0.10	10	1435		
6D	D-6	0.35	0.50	0.15	1.00	0.65	0.25	0.10	1.00	0.02	8	1242		
7D	D-7	0.40	0.55	0.05	1.00	0.65	0.20	0.15	1.00	0.07	12	698		
8D	D-8	0.30	0.60	0.10	1.00	0.65	0.30	0.05	1.00	0.04	15	866		
本 発 明 被 覆 ド リ ル														

本 発 明 被 覆 ド リ ル

[表12]

種別		基体番号	硬質被覆層					加工数 (穴)
			目標組成(原子比)				目標層厚 ( $\mu$ m)	
			Ti	Al	Zr	N		
従来被覆ドリル	1d	D-1	0.30	0.55	0.15	1.00	4	384 穴で寿命
	2d	D-2	0.45	0.45	0.10	1.00	3	416 穴で寿命
	3d	D-3	0.34	0.65	0.01	1.00	1	465 穴で寿命
	4d	D-4	0.40	0.55	0.05	1.00	6	552 穴で寿命
	5d	D-5	0.30	0.60	0.10	1.00	10	361 穴で寿命
	6d	D-6	0.35	0.50	0.15	1.00	8	433 穴で寿命
	7d	D-7	0.40	0.55	0.05	1.00	12	295 穴で寿命
	8d	D-8	0.30	0.60	0.10	1.00	15	180 穴で寿命

(表中、寿命は切刃に発生したチッピングが原因)

この結果得られた本発明被覆切削工具としての本発明被覆インサート1A～10A、1B～6B、本発明被覆エンドミル1C～8C、および本発明被覆ドリル1D～8Dを構成する硬質被覆層におけるAl成分最高含有点とAl成分最低含有点の組成、並びに従来被覆切削工具としての従来被覆インサート1a～10a、1b～6b、従来被覆エンドミル1c～8c、および従来被覆ドリル1d～8dの硬質被覆層の組成をオージェ分光分析装置を用いて測定したところ、それぞれ目標組成と実質的に同じ組成を示した。

また、これらの本発明被覆切削工具の硬質被覆層におけるAl成分最高含有点とAl成分最低含有点間の間隔、およびこれの全体層厚、並びに従来被覆切削工具の硬質被覆層の厚さを、走査型電子顕微鏡を用いて断面測定したところ、いずれも目標値と実質的に同じ値を示した。

表3～12に示される結果から、硬質被覆層が厚さ方向に、所定の高温硬さと

耐熱性、さらに高温強度を有するA1成分最高含有点と相対的に一段とすぐれた強度と靱性を有するA1成分最低含有点とが交互に所定間隔をおいて繰り返し存在し、かつ前記A1成分最高含有点から前記A1成分最低含有点、前記A1成分最低含有点から前記A1成分最高含有点へA1成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有する本発明被覆切削工具は、いずれも各種の鋼や鋳鉄などの高速切削加工を、高い機械的衝撃を伴う高切り込みや高送りなどの重切削条件で行なった場合にも、硬質被覆層がすぐれた耐チップング性を発揮するのに対して、硬質被覆層が厚さ方向に沿って実質的に組成変化のない(Ti, Al, Zr)N層からなる従来被覆切削工具においては、重切削条件での高速切削加工では前記硬質被覆層の強度および靱性不足が原因で、チップングが発生し、これが原因で比較的短時間で使用寿命に至ることが明らかである。

#### (実施例4)

原料粉末として、いずれも1~3 $\mu$ mの平均粒径を有するWC粉末、TiC粉末、VC粉末、TaC粉末、NbC粉末、Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>粉末、およびCo粉末を用意し、これら原料粉末を、表13に示される配合組成に配合し、ボールミルで48時間湿式混合し、乾燥した後、100MPaの圧力で圧粉体にプレス成形し、この圧粉体を6Paの真空中、温度：1420℃に1時間保持の条件で焼結し、焼結後、切刃部分にR：0.05のホーニング加工を施してISO規格・CNMG120412のインサート形状をもったWC基超硬合金製の硬質基体E-1~E-10を形成した。

また、原料粉末として、いずれも0.5~2 $\mu$ mの平均粒径を有するTiCN(重量比でTiC/TiN=50/50)粉末、Mo<sub>2</sub>C粉末、ZrC粉末、NbC粉末、TaC粉末、WC粉末、Co粉末、およびNi粉末を用意し、これら原料粉末を、表14に示される配合組成に配合し、ボールミルで72時間湿式混合し、乾燥した後、100MPaの圧力で圧粉体にプレス成形し、この圧粉体を2kPaの窒素雰囲気中、温度：1520℃に1時間保持の条件で焼結し、焼結後、切刃部分にR：0.05のホーニング加工を施してISO規格・CNMG120412のインサート形状をもったTiCN系サーメット製の硬質基体F-1

～F－6を形成した。

また、原料粉末として、いずれも $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ の範囲内の平均粒径を有する立方晶窒化硼素（以下、 $\text{c-BN}$ で示す）粉末、炭化チタン（以下、 $\text{TiC}$ で示す）粉末、窒化チタン（以下、 $\text{TiN}$ で示す）粉末、炭窒化チタン（以下、 $\text{TiCN}$ で示す）粉末、炭化タングステン（以下、 $\text{WC}$ で示す）粉末、 $\text{Al}$ 粉末、 $\text{Ti}$ と $\text{Al}$ の金属間化合物粉末である $\text{Ti}_3\text{Al}$ 粉末および $\text{TiAl}_3$ 粉末、および酸化アルミニウム（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ で示す）粉末を用意し、これら原料粉末を表15に示される配合組成に配合し、ボールミルで72時間湿式混合し、乾燥した後、100MPaの圧力で直径：50mm×厚さ：1.5mmの寸法をもった圧粉体にプレス成形し、ついでこの圧粉体を、圧力：1Paの真空雰囲気中、900～1300℃の範囲内の所定温度に30分間保持の条件で焼結して切刃片用予備焼結体とし、この予備焼結体を、別途用意した、 $\text{Co}$ ：8質量%、 $\text{WC}$ ：残りの組成、並びに直径：50mm×厚さ：2mmの寸法をもった $\text{WC}$ 基超硬合金製支持片と重ね合わせた状態で、通常の超高压焼結装置に装入し、通常の条件である圧力：5GPa、温度：1200～1400℃の範囲内の所定温度に保持時間：0.5時間の条件で超高压焼結し、焼結後上下面をダイヤモンド砥石を用いて研磨し、ワイヤー放電加工装置にて一辺3mmの正三角形に分割し、さらに $\text{Co}$ ：5質量%、 $\text{TaC}$ ：5質量%、 $\text{WC}$ ：残りの組成およびCIS規格TNGA160408の形状（厚さ：4.76mm×一辺長さ：16mmの正三角形）をもった $\text{WC}$ 基超硬合金製インサート本体のろう付け部（コーナー部）に、質量%で、 $\text{Cu}$ ：30%、 $\text{Zn}$ ：28%、 $\text{Ni}$ ：2%、 $\text{Ag}$ ：残りからなる組成を有する $\text{Ag}$ 合金のろう材を用いてろう付けし、これに仕上げ研磨を施すことにより $\text{c-BN}$ 基焼結材料製の硬質基体G－1～G－6を形成した。

硬質基体E－1～E－10、F－1～F－6、G－1～G－6のそれぞれを、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、図2に示される通常のアークイオンプレーティング装置に装入し、一方、カソード電極（蒸発源）として硬質被覆層の目標に応じて種々の成分組成をもった $\text{Ti-Al-Zr-Y}$ 合金、 $\text{Ti-Al-Zr-Ce}$ 合金、およびボンバード洗浄用金属 $\text{Ti}$ を装着した。先ず、装置内を排気して0.5Pa以下の真空中に保持しながら、ヒーターで装置内を700

℃に加熱した後、前記硬質基体に $-1000\text{ V}$ の直流バイアス電圧を印加し、かつ前記金属 $\text{Ti}$ のカソード電極とアノード電極との間に $100\text{ A}$ の電流を流してアーク放電を発生させ、もって硬質基体表面を $\text{Ti}$ ボンバード洗浄した。ついで装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して $2\text{ Pa}$ の反応雰囲気とすると共に、前記硬質基体に印加するバイアス電圧を $-50\text{ V}$ に下げて、前記カソード電極とアノード電極との間に $150\text{ A}$ の電流を流してアーク放電を発生させ、もって前記硬質基体のそれぞれの表面に表16に示される金属元素の目標組成および目標層厚をもった複合窒化物からなる硬質被覆層を形成することにより本発明被覆インサート1E~10E、1F~6F、1G~6Gを製造した。

さらに、硬質基体E-1~E-10、F-1~F-6、G-1~G-6のそれぞれを、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、図1A、1Bに示されるアークイオンプレーティング装置内の回転テーブル上に外周部にそって装着し、一方側のカソード電極として、種々の成分組成をもったAl成分最高含有点形成用 $\text{Ti-Al-Zr-Y}$ 合金、 $\text{Ti-Al-Zr-Ce}$ 合金、他方側のカソード電極としてAl成分最低含有点形成用 $\text{Ti-Al-Zr-Y}$ 合金、 $\text{Ti-Al-Zr-Ce}$ 合金を前記回転テーブルを挟んで対向配置し、またボンバード洗浄用金属 $\text{Ti}$ も装着し、まず、装置内を排気して $0.5\text{ Pa}$ 以下の真空に保持しながら、ヒーターで装置内を $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ に加熱した後、前記回転テーブル上で自転しながら回転する硬質基体に $-1000\text{ V}$ の直流バイアス電圧を印加し、かつカソード電極の前記金属 $\text{Ti}$ とアノード電極との間に $100\text{ A}$ の電流を流してアーク放電を発生させ、もって硬質基体表面を $\text{Ti}$ ボンバード洗浄し、ついで装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して $2\text{ Pa}$ の反応雰囲気とすると共に、前記回転テーブル上で自転しながら回転する硬質基体に $-50\text{ V}$ の直流バイアス電圧を印加し、かつ対向配置させたそれぞれのカソード電極とアノード電極との間に $150\text{ A}$ の電流を流してアーク放電を発生させ、もって前記硬質基体の表面に、厚さ方向に沿って表17に示される金属元素の目標組成のAl成分最高含有点とAl成分最低含有点とが交互に同じく表17に示される目標間隔で繰り返し存在し、かつ前記Al成分最高含有点から前記Al成分最低含有点、前記Al成分最低含有点から前記Al成分最高含有点へAl成分含有量が連続的に変化する成分濃度分

布構造を有し、かつ同じく表 17 に示される目標全体層厚の複合窒化物からなる硬質被覆層を蒸着することにより、本発明被覆インサート 11E~20E、7F~12F、7G~12G をそれぞれ製造した。

また、比較の目的で、硬質基体 E-1~E-10、F-1~F-6、G-1~G-6 のそれぞれを、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、図 2 に示される通常のアークイオンプレーティング装置に装入し、カソード電極として種々の成分組成をもった Ti-Al 合金、Ti-Al-Si 合金、Ti-Al-Y 合金、Ti-Al-Zr 合金、Ti-Al-V 合金、Ti-Al-Nb 合金、Ti-Al-Cr 合金、およびボンバード洗浄用金属 Ti を装着し、装置内を排気して 0.5 Pa 以下の真空中に保持しながらヒーターで装置内を 700℃ に加熱した後、前記硬質基体に -1000V の直流バイアス電圧を印加し、かつ前記金属 Ti のカソード電極とアノード電極との間に 100A の電流を流してアーク放電を発生させ、硬質基体表面を Ti ボンバード洗浄した後、装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して 2 Pa の反応雰囲気とすると共に、前記硬質基体に印加するバイアス電圧を -50V に下げて、前記各種カソード電極とアノード電極との間に 150A の電流を流してアーク放電を発生させ、もって前記硬質基体のそれぞれの表面に表 18 に示される金属元素の目標組成および目標層厚をもった複合窒化物からなる硬質被覆層を形成することにより従来被覆インサート 1e~10e、1f~6f、1g~6g を製造した。

この結果得られた各種の被覆インサートのうち、本発明被覆インサート 1E~20E、および従来被覆インサート 1e~10e については、これを工具鋼製バイトの先端部に取り付けた状態で、

被削材：JIS・SCM440 丸棒、

切削速度：400m/min、

送り：0.2mm/rev、

切り込み：2mm、

切削時間：5分、

の条件で合金鋼の乾式高速連続切削試験、および

被削材：JIS・SCM440 丸棒、

切削速度：400m/min、

送り：0.4mm/rev、

切り込み：4mm、

切削時間：5分、

の条件で合金鋼の乾式高速高負荷連続切削試験を行ない、切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。これらの測定結果を表19に示した。

さらに、本発明被覆インサート1F～12F、および従来被覆インサート1f～6fについては、

被削材：JIS・SCM440丸棒、

切削速度：450m/min、

送り：0.2mm/rev、

切り込み：0.5mm、

切削時間：5分、

の条件で合金鋼の乾式高速連続切削試験、および

被削材：JIS・SCM440丸棒、

切削速度：450m/min、

送り：0.3mm/rev、

切り込み：1.5mm、

切削時間：5分、

の条件で合金鋼の乾式高速高負荷連続切削試験を行ない、切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。これらの測定結果を表20に示した。

さらに、本発明被覆インサート1G～12G、および従来被覆インサート1g～6gについては、切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。これらの測定結果を表21に示した。

被削材：JIS・SCM440丸棒の浸炭焼入れ鋼（表面硬さ：HRC60）

、  
切削速度：400m/min、

送り：0.1mm/rev、

切り込み：0.1mm、

切削時間：5分、  
の条件での焼入れ鋼の乾式高速連続切削試験、および  
被削材：J I S・S C M 4 4 0 丸棒の浸炭焼入れ鋼（表面硬さ：H R C 6 0）

、  
切削速度：4 0 0 m / m i n、  
送り：0. 2 m m / r e v、  
切り込み：0. 2 m m、  
切削時間：5分、  
の条件での焼入れ鋼の乾式高速高負荷連続切削試験を行ない、切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。これらの測定結果を表 2 1 に示した。



[表13]

種別		配合組成 (重量%)						
		Co	TiC	TaC	NbC	VC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	WC
基体	E-1	5.5	—	—	—	—	0.3	残
	E-2	6.5	—	1	—	—	—	残
	E-3	7	—	—	—	—	0.4	残
	E-4	7.5	2	—	1	—	—	残
	E-5	8.5	—	—	—	0.3	0.3	残
	E-6	9	6	—	4	—	—	残
	E-7	10	—	1	—	—	0.5	残
	E-8	11	5	—	7	—	0.5	残
	E-9	12.5	—	—	—	1.5	0.8	残
	E-10	11.5	10	—	8	—	—	残

[表14]

種別		配合組成 (重量%)							
		Co	Ni	ZrC	TaC	NbC	Mo <sub>2</sub> C	WC	TiCN
基体	F-1	15	5	—	10	—	10	16	残
	F-2	8	7	—	5	—	7.5	—	残
	F-3	7	2	—	—	—	6	10	残
	F-4	13	7	—	11	2	—	—	残
	F-5	9	6	1	8	—	10	10	残
	F-6	14	5	—	10	—	9.5	14.5	残

[表15]

種別		配合組成 (重量%)								
		TiN	TiCN	TiC	WC	Al	TiAl <sub>3</sub>	Ti <sub>3</sub> Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	cBN
基体	G-1	39	—	—	2	—	10	—	2	残
	G-2	—	20	12	—	—	—	15	1	残
	G-3	10	—	19	1	9	—	—	2	残
	G-4	25	10	—	—	—	12	—	4	残
	G-5	12	10	10	3	—	5	3	2	残
	G-6	30	16	—	1	2	8	—	5	残

[表16]

種別		基体番号	硬質被覆層					目標層厚 ( $\mu\text{m}$ )
			目標組成(原子比)					
			Al	Zr	Y	Ce	Ti	
本発明被覆インサート	1E	E-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	5
	2E	E-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	5
	3E	E-3	0.20	0.020	0.0030	0.0030	残	5
	4E	E-4	0.50	0.040	0.0200	—	残	5
	5E	E-5	0.30	0.060	0.0010	—	残	5
	6E	E-6	0.40	0.100	0.0005	—	残	5
	7E	E-7	0.05	0.100	—	0.0005	残	5
	8E	E-8	0.30	0.002	0.0500	—	残	10
	9E	E-9	0.55	0.010	0.0030	—	残	5
	10E	E-10	0.10	0.030	—	0.0100	残	10
	1F	F-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	3
	2F	F-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	3
	3F	F-3	0.20	0.020	0.0030	0.0030	残	3
	4F	F-4	0.30	0.002	0.0500	—	残	3
	5F	F-5	0.55	0.010	0.0030	—	残	3
	6F	F-6	0.10	0.030	—	0.0100	残	5
	1G	G-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	3
	2G	G-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	3
	3G	G-3	0.20	0.020	0.0030	0.0030	残	3
	4G	G-4	0.30	0.002	0.0500	—	残	3
5G	G-5	0.55	0.010	0.0030	—	残	3	
6G	G-6	0.10	0.030	—	0.0100	残	5	

[表 17]

種別	基体番号	硬質被覆層															両点間の 目標間隔 ( $\mu\text{m}$ )	目標層厚 ( $\mu\text{m}$ )
		Al 最高含有点 目標組成(原子比)					Al 最低含有点 目標組成(原子比)											
		目標組成(原子比)					目標組成(原子比)											
		Al	Zr	Y	Ce	Ti	Al	Zr	Y	Ce	Ti							
11E	E-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	0.25	0.020	0.0050	—	残	0.08	5					
12E	E-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	0.25	0.020	—	0.0050	残	0.08	5					
13E	E-3	0.40	0.020	0.0030	0.0030	残	0.15	0.020	0.0030	0.0030	残	0.08	5					
14E	E-4	0.50	0.040	0.0200	—	残	0.15	0.040	0.0200	—	残	0.10	5					
15E	E-5	0.55	0.060	0.0010	—	残	0.15	0.060	0.0010	—	残	0.10	5					
16E	E-6	0.40	0.100	0.0005	—	残	0.25	0.100	0.0005	—	残	0.01	5					
17E	E-7	0.40	0.100	—	0.0005	残	0.05	0.100	—	0.0005	残	0.01	5					
18E	E-8	0.50	0.002	0.0500	—	残	0.15	0.002	0.0500	—	残	0.03	10					
19E	E-9	0.60	0.010	0.0030	—	残	0.05	0.030	0.0100	—	残	0.05	5					
20E	E-10	0.40	0.030	—	0.0100	残	0.10	0.030	—	0.0100	残	0.05	10					
7F	F-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	0.25	0.020	0.0050	—	残	0.08	3					
8F	F-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	0.25	0.020	—	0.0050	残	0.08	3					
9F	F-3	0.40	0.020	0.0030	0.0030	残	0.15	0.020	0.0030	0.0030	残	0.08	3					
10F	F-4	0.50	0.002	0.0500	—	残	0.15	0.002	0.0500	—	残	0.03	3					
11F	F-5	0.60	0.010	0.0030	—	残	0.05	0.030	0.0100	—	残	0.05	3					
12F	F-6	0.40	0.030	—	0.0100	残	0.10	0.030	—	0.0100	残	0.05	5					
7G	G-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	0.25	0.020	0.0050	—	残	0.08	3					
8G	G-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	0.25	0.020	—	0.0050	残	0.08	3					
9G	G-3	0.40	0.020	0.0030	0.0030	残	0.15	0.020	0.0030	0.0030	残	0.08	3					
10G	G-4	0.50	0.002	0.0500	—	残	0.15	0.002	0.0500	—	残	0.03	3					
11G	G-5	0.60	0.010	0.0030	—	残	0.05	0.030	0.0100	—	残	0.05	3					
12G	G-6	0.40	0.030	—	0.0100	残	0.10	0.030	—	0.0100	残	0.05	5					

本発明被覆インサート

本 発 明 被 覆 イ ン サ ー ト

[表18]

種別	基体番号	硬質被覆層										目標層厚 (μm)
		目標組成(原子比)										
		Ti	Al	Si	Y	Zr	V	Nb	Cr			
1e	E-1	0.50	0.50	—	—	—	—	—	—	—	5	
2e	E-2	0.50	0.45	0.05	—	—	—	—	—	—	5	
3e	E-3	0.70	0.20	0.10	—	—	—	—	—	—	5	
4e	E-4	0.70	0.10	0.20	—	—	—	—	—	—	5	
5e	E-5	0.65	0.30	—	0.05	—	—	—	—	—	5	
6e	E-6	0.40	0.40	—	0.20	—	—	—	—	—	5	
7e	E-7	0.65	0.25	—	—	0.10	—	—	—	—	5	
8e	E-8	0.35	0.45	—	—	—	0.20	—	—	—	10	
9e	E-9	0.35	0.55	—	—	—	—	0.10	—	—	5	
10e	E-10	0.40	0.40	—	—	—	—	—	0.20	—	10	
1f	F-1	0.40	0.60	—	—	—	—	—	—	—	3	
2f	F-2	0.40	0.57	0.03	—	—	—	—	—	—	3	
3f	F-3	0.45	0.45	0.10	—	—	—	—	—	—	3	
4f	F-4	0.90	0.05	—	0.05	—	—	—	—	—	3	
5f	F-5	0.68	0.30	—	0.02	—	—	—	—	—	3	
6f	F-6	0.60	0.30	—	—	0.10	—	—	—	—	5	
1g	G-1	0.55	0.45	—	—	—	—	—	—	—	3	
2g	G-2	0.50	0.45	0.05	—	—	—	—	—	—	3	
3g	G-3	0.45	0.45	0.10	—	—	—	—	—	—	3	
4g	G-4	0.65	0.30	—	0.05	—	—	—	—	—	3	
5g	G-5	0.84	0.15	—	0.01	—	—	—	—	—	3	
6g	G-6	0.60	0.10	—	—	0.30	—	—	—	—	5	

従来被覆インサート

従来被覆インサート

[表19]

種別		逃げ面摩耗幅(mm)		種別		逃げ面摩耗幅(mm)	
		合金鋼の 高速切削	合金鋼の高速 高負荷切削			合金鋼の 高速切削	合金鋼の高速 高負荷切削
本発明被覆インサート	1E	0.25	0.38	従来被覆インサート	1e	0.38	2.6 分で寿命
	2E	0.25	0.42		2e	0.36	3.0 分で寿命
	3E	0.27	0.34		3e	0.41	2.1 分で寿命
	4E	0.24	0.35		4e	0.40	2.7 分で寿命
	5E	0.23	0.33		5e	0.38	1.4 分で寿命
	6E	0.26	0.40		6e	0.36	2.2 分で寿命
	7E	0.25	0.38		7e	0.37	2.4 分で寿命
	8E	0.27	0.38		8e	0.39	1.9 分で寿命
	9E	0.26	0.34		9e	0.39	1.9 分で寿命
	10E	0.25	0.36		10e	0.38	2.3 分で寿命
	11E	0.28	0.29				
	12E	0.27	0.28				
	13E	0.27	0.29				
	14E	0.28	0.29				
	15E	0.29	0.30				
	16E	0.28	0.31				
	17E	0.27	0.31				
	18E	0.26	0.28				
	19E	0.29	0.31				
	20E	0.27	0.29				

[表20]

種別		逃げ面摩耗幅(mm)		種別		逃げ面摩耗幅(mm)	
		合金鋼の 高速切削	合金鋼の高速 高負荷切削			合金鋼の 高速切削	合金鋼の高速 高負荷切削
本発明被覆インサート	1F	0.23	0.44	従来被覆インサート	1f	0.39	2.2 分で寿命
	2F	0.24	0.42		2f	0.40	2.6 分で寿命
	3F	0.25	0.41		3f	0.42	1.8 分で寿命
	4F	0.23	0.40		4f	0.41	1.9 分で寿命
	5F	0.25	0.45		5f	0.38	2.1 分で寿命
	6F	0.26	0.38		6f	0.39	2.6 分で寿命
	7F	0.27	0.29				
	8F	0.25	0.28				
	9F	0.25	0.26				
	10F	0.24	0.26				
	11F	0.25	0.27				
	12F	0.27	0.27				

[表21]

種別		逃げ面摩耗幅(mm)		種別		逃げ面摩耗幅(mm)	
		焼入れ鋼の 高速切削	焼入れ鋼の高速 高負荷切削			焼入れ鋼の 高速切削	焼入れ鋼の高速 高負荷切削
本発明被覆インサート	1G	0.19	0.28	従来被覆インサート	1g	0.27	2.1 分で寿命
	2G	0.19	0.31		2g	0.29	1.9 分で寿命
	3G	0.18	0.30		3g	0.29	2.5 分で寿命
	4G	0.16	0.31		4g	0.32	3.3 分で寿命
	5G	0.17	0.28		5g	3.6 分で寿命	1.5 分で寿命
	6G	0.17	0.29		6g	4.4 分で寿命	2.2 分で寿命
	7G	0.18	0.19				
	8G	0.19	0.22				
	9G	0.18	0.22				
	10G	0.18	0.23				
	11G	0.17	0.19				
	12G	0.18	0.21				

## (実施例 5)

原料粉末として、平均粒径：5.5  $\mu\text{m}$ を有する中粗粒WC粉末、同0.8  $\mu\text{m}$ の微粒WC粉末、同1.3  $\mu\text{m}$ のTaC粉末、同1.2  $\mu\text{m}$ のNbC粉末、同1.2  $\mu\text{m}$ のZrC粉末、同2.3  $\mu\text{m}$ のCr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>粉末、同1.5  $\mu\text{m}$ のVC粉末、同1.0  $\mu\text{m}$ の(Ti, W)C粉末、および同1.8  $\mu\text{m}$ のCo粉末を用意し、これら原料粉末をそれぞれ表22に示される配合組成に配合し、さらにワックスを加えてアセトン中で50時間ボールミル混合し、減圧乾燥した後、100 MPaの圧力で所定形状の各種の圧粉体にプレス成形し、これらの圧粉体を、6 Paの真空雰囲気中、7℃/分の昇温速度で1370～1470℃の範囲内の所定の温度に昇温し、この温度に1時間保持後、炉冷の条件で焼結して、直径が8 mm、13 mm、および26 mmの3種の丸棒焼結体を形成し、さらに前記の3種の丸棒焼結体から、研削加工にて、表22に示される組合せで、切刃部の直径×長さがそれぞれ6 mm×13 mm、10 mm×22 mm、および20 mm×45 mmの寸法、並びにいずれもねじれ角：30度の4枚刃スクエアエンドミル形状をもったWC基超硬合金製の硬質基体H-1～H-8をそれぞれ製造した。

ついで、これらの硬質基体H-1～H-8を、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図2に示される通常のアークイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例4と同一の条件で表23に示される金属元素の目標組成および目標層厚をもった複合窒化物からなる硬質被覆層を物理蒸着形成することにより、本発明被覆切削工具としての本発明被覆エンドミル1H～8Hをそれぞれ製造した。

また、比較の目的で、上記の硬質基体H-1～H-8を、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図2に示される通常のアークイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例4と同一の条件で表24に示される金属元素の目標組成および目標層厚をもった複合窒化物からなる硬質被覆層を物理蒸着形成することにより、従来被覆切削工具としての従来被覆エンドミル1h～8hをそれぞれ製造した。

つぎに、上記本発明被覆エンドミル1H～8Hおよび従来被覆エンドミル1h～8hのうち、本発明被覆エンドミル1H～3Hおよび従来被覆エンドミル1h

～3 hについては、

被削材：平面寸法：100 mm×250 mm、厚さ：50 mmのJIS・FC 300の板材、

切削速度：250 m/min、

軸方向切り込み：6 mm、

径方向切り込み：1 mm、

テーブル送り：600 mm/min、

の条件での鋳鉄の湿式高速側面加工試験（水溶性切削油使用）、

本発明被覆エンドミル4 H～6 Hおよび従来被覆エンドミル4 h～6 hについては、

被削材：平面寸法：100 mm×250 mm、厚さ：50 mmのJIS・SC M440の板材、

切削速度：200 m/min、

軸方向切り込み：10 mm、

径方向切り込み：2 mm、

テーブル送り：300 mm/min、

の条件での合金鋼の湿式高速側面加工試験（水溶性切削油使用）、

本発明被覆エンドミル7 H、8 Hおよび従来被覆エンドミル7 h、8 hについては、

被削材：平面寸法：100 mm×250 mm、厚さ：50 mmのJIS・SN CM439の板材、

切削速度：200 m/min、

軸方向切り込み：20 mm、

径方向切り込み：3 mm、

テーブル送り：150 mm/min、

の条件での合金鋼の湿式高速側面加工試験（水溶性切削油使用）をそれぞれ行い、いずれの切削加工試験でも切刃部の外周刃の逃げ面摩耗幅が使用寿命の目安とされる0.1 mmに至るまでの切削長を測定した。この測定結果を表23、24にそれぞれ示した。



[表22]

種別	配合組成 (重量%)							切刃部の直径 × 長さ(mm)
	Co	(Ti,W)C	TaC	NbC	ZrC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	VC	WC
H-1	12	—	—	—	—	0.8	—	微粒:残
H-2	10	—	—	—	—	0.4	0.4	微粒:残
H-3	8.5	10	10	7	—	—	—	中粗粒:残
H-4	10	—	—	—	—	0.5	—	微粒:残
H-5	9	8	9	1	—	—	—	中粗粒:残
H-6	6	—	1	—	—	—	—	微粒:残
H-7	11	—	—	—	—	1	—	微粒:残
H-8	8	5	1	5	5	—	—	中粗粒:残

基体

[表23]

種別	基本番号	硬質被覆層						切削長 (m)	
		目標組成(原子比)					目標層厚 ( $\mu$ m)		
		Al	Zr	Y	Ce	Ti			
本 発 明 被 覆 エ ン ド ミ ル	1H	H-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	1	66
	2H	H-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	1	54
	3H	H-3	0.20	0.020	0.0030	0.0030	残	1	69
	4H	H-4	0.50	0.040	0.0200	—	残	3	60
	5H	H-5	0.30	0.060	0.0010	—	残	3	54
	6H	H-6	0.30	0.002	0.0500	—	残	3	57
	7H	H-7	0.55	0.010	0.0030	—	残	3	51
	8H	H-8	0.10	0.030	—	0.0100	残	3	60

[表24]

種別	基体番号	硬質被覆層								切削長 (m)	
		目標組成(原子比)							目標層厚 (μm)		
		Ti	Al	Si	Y	Zr	Nb	Cr			
従来被覆工ハットミル	1h	H-1	0.50	0.50	—	—	—	—	—	1	22
	2h	H-2	0.50	0.45	0.05	—	—	—	—	1	20
	3h	H-3	0.70	0.10	0.20	—	—	—	—	1	25
	4h	H-4	0.65	0.30	—	0.05	—	—	—	3	19
	5h	H-5	0.40	0.40	—	0.20	—	—	—	3	19
	6h	H-6	0.65	0.25	—	—	0.10	—	—	3	23
	7h	H-7	0.35	0.55	—	—	—	0.10	—	3	25
	8h	H-8	0.40	0.40	—	—	—	—	0.20	3	24

従来被覆エンドミル

## (実施例 6)

上記の実施例 5 で製造した直径が 8 mm、13 mm、および 26 mm の 3 種の丸棒焼結体を用い、この 3 種の丸棒焼結体から、研削加工にて、表 25 に示される組合せで、溝形成部の直径×長さがそれぞれ 4 mm×13 mm、8 mm×22 mm、および 16 mm×45 mm の寸法、並びにいずれもねじれ角：30 度の 2 枚刃ドリル形状をもった WC 基超硬合金製の硬質基体 I-1～I-8 をそれぞれ製造した。

ついで、これらの硬質基体 I-1～I-8 の切刃に、ホーニングを施し、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、図 2 に示される通常のアーキイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 4 と同一の条件で表 26 に示される金属元素の目標組成および目標層厚をもった複合窒化物からなる硬質被覆層を物理蒸着形成することにより、本発明被覆切削工具としての本発明被覆ドリル 1 I～8 I をそれぞれ製造した。

また、比較の目的で、上記の硬質基体 I-1～I-8 の切刃に、ホーニングを施し、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図 2 に示される通常のアーキイオンプレーティング装置に装入し、上記実施例 4 と同一の条件で、表 27 に示される金属元素の目標組成および目標層厚をもった複合窒化物からなる硬質被覆層を物理蒸着形成することにより、従来被覆切削工具としての従来被覆ドリル 1 i～8 i をそれぞれ製造した。

つぎに、上記本発明被覆ドリル 1 I～8 I および従来被覆ドリル 1 i～8 i のうち、本発明被覆ドリル 1 I～3 I および従来被覆ドリル 1 i～3 i については、

被削材：平面寸法：100 mm×250 mm、厚さ：50 mm の J I S ・ F C 300 の板材、

切削速度：150 m/min、

送り：0.2 mm/rev、

穴深さ：8 mm

の条件での鋳鉄の湿式高速穴あけ加工試験（水溶性切削油使用）、

本発明被覆ドリル 4 I～6 I および従来被覆ドリル 4 i～6 i については、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・SC  
M440の板材、

切削速度：150m/min、

送り：0.2mm/rev、

穴深さ：16mm

の条件での合金鋼の湿式高速穴あけ加工試験（水溶性切削油使用）、

本発明被覆ドリル7I, 8Iおよび従来被覆ドリル7i, 8iについては、

被削材：平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・SN  
CM439の板材、

切削速度：200m/min、

送り：0.3mm/rev、

穴深さ：30mm

の条件での合金鋼の湿式高速穴あけ加工試験（水溶性切削油使用）、をそれぞれ  
行い、いずれの加工試験でも先端切刃面の逃げ面摩耗幅が0.3mmに至るまで  
の穴あけ加工数を測定した。この測定結果を表26, 27にそれぞれ示した。

[表25]

種別	配合組成 (重量%)								切刃部の直径 ×長さ(mm)
	Co	(Ti,W)C	TaC	NbC	ZrC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	VC	WC	
I-1	12	—	—	—	—	0.8	—	微粒:残	4×13
I-2	10	—	—	—	—	0.4	0.4	微粒:残	4×13
I-3	8.5	10	10	7	—	—	—	中粗粒:残	4×13
I-4	10	—	—	—	—	0.5	—	微粒:残	8×22
I-5	9	8	9	1	—	—	—	中粗粒:残	8×22
I-6	6	—	1	—	—	—	—	微粒:残	8×22
I-7	11	—	—	—	—	1	—	微粒:残	16×45
I-8	8	5	1	5	5	—	—	中粗粒:残	16×45

基体

[表26]

種別	基体番号	硬質被覆層						加工数 (穴)	
		目標組成(原子比)					目標層厚 ( $\mu\text{m}$ )		
		Al	Zr	Y	Ce	Ti			
本 発 明 被 覆 ド リ ル	1I	I-1	0.45	0.020	0.0050	—	残	1	1050
	2I	I-2	0.45	0.020	—	0.0050	残	1	1150
	3I	I-3	0.20	0.020	0.0030	0.0030	残	1	1100
	4I	I-4	0.50	0.040	0.0200	—	残	3	750
	5I	I-5	0.30	0.060	0.0010	—	残	3	850
	6I	I-6	0.30	0.002	0.0500	—	残	3	800
	7I	I-7	0.55	0.010	0.0030	—	残	3	360
	8I	I-8	0.10	0.030	—	0.0100	残	3	340

[表27]

種別	基体番号	硬質被覆層								加工数 (穴)	
		目標組成(原子比)									目標層厚 ( $\mu\text{m}$ )
		Ti	Al	Si	Y	Zr	Nb	Cr			
従来被覆ドリル	1i	I-1	0.50	0.50	—	—	—	—	1	280	
	2i	I-2	0.50	0.45	0.05	—	—	—	1	280	
	3i	I-3	0.70	0.10	0.20	—	—	—	1	260	
	4i	I-4	0.65	0.30	—	0.05	—	—	3	200	
	5i	I-5	0.40	0.40	—	0.20	—	—	3	220	
	6i	I-6	0.65	0.25	—	—	0.10	—	3	200	
	7i	I-7	0.35	0.55	—	—	—	0.10	3	80	
	8i	I-8	0.40	0.40	—	—	—	—	0.20	3	90

従来被覆ドリル



この結果得られた本発明被覆切削工具としての本発明被覆インサート 1 E ~ 1 0 E、1 F ~ 6 F、1 G ~ 6 G、本発明被覆エンドミル 1 H ~ 8 H、および本発明被覆ドリル 1 I ~ 8 I、並びに従来被覆切削工具としての従来被覆インサート 1 e ~ 1 0 e、1 f ~ 6 f、1 g ~ 6 g、従来被覆エンドミル 1 h ~ 8 h、および従来被覆ドリル 1 i ~ 8 i の硬質被覆層の組成、および本発明被覆切削工具としての本発明被覆インサート 1 1 E ~ 2 0 E、7 F ~ 1 2 F、7 G ~ 1 2 G を構成する硬質被覆層における A 1 成分最高含有点と A 1 成分最低含有点の組成をオージェ分光分析装置を用いて測定したところ、それぞれ目標組成と実質的に同じ組成を示した。

また、これらの本発明被覆切削工具の硬質被覆層の全体層厚、および A 1 成分最高含有点と A 1 成分最低含有点間の間隔、並びに従来被覆切削工具の硬質被覆層の全体層厚を、走査型電子顕微鏡を用いて断面測定したところ、いずれも目標値と実質的に同じ値を示した。

表 1 3 ~ 2 4 に示される結果から、本発明被覆インサート 1 E ~ 2 0 E、1 F ~ 1 2 F、1 G ~ 1 2 G、本発明被覆エンドミル 1 H ~ 8 H、および本発明被覆ドリル 1 I ~ 8 I は、いずれも高速条件における切削加工ですぐれた耐摩耗性を示し、かつ切刃の摩耗状況も正常であり、かつ本発明被覆インサート 1 1 E ~ 2 0 E、7 F ~ 1 2 F、7 G ~ 1 2 G は高速高負荷条件における切削加工にいてもチッピングの発生などなくすぐれた切削性能を発揮するのに対して、従来被覆インサート 1 e ~ 1 0 e、1 f ~ 6 f、1 g ~ 6 g、従来被覆エンドミル 1 h ~ 8 h、および従来被覆ドリル 1 i ~ 8 i は、硬質被覆層の耐摩耗性不足あるいは靱性不足が原因でいずれも比較的短時間で使用寿命に至ることが明らかである。

#### 産業上の利用の可能性

上述のように、この発明の被覆切削工具は、通常の条件での高速切削加工は勿論のこと、特に各種の鋼や鋳鉄などの高速切削加工を高切り込みや高送りなどの高負荷切削条件で行なった場合にも、すぐれた耐チッピング性を発揮し、長期に亘ってすぐれた耐摩耗性を示すものであるから、切削加工の省力化および省エネ化、さらに低コスト化に十分満足に対応できるものである。

## 請求の範囲

1. 硬質基体表面に、TiとAlとZrの複合窒化物層からなる硬質被覆層を1～15 $\mu$ mの全体平均層厚で物理蒸着してなる被覆切削工具部材において、

上記硬質被覆層が、層厚方向にそって、Al成分最高含有点とAl成分最低含有点とが所定間隔をおいて交互に繰り返し存在し、かつ前記Al成分最高含有点から前記Al成分最低含有点、前記Al成分最低含有点から前記Al成分最高含有点へAl成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、

さらに、上記Al成分最高含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)} Al_x Zr_y) N$ （ただし、原子比で、Xは0.45～0.65、Y：0.01～0.15を示す）、

上記Al成分最低含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)} Al_x Zr_y) N$ （ただし、原子比で、Xは0.15～0.40、Y：0.01～0.15を示す）、を満足し、かつ隣り合う上記Al成分最高含有点とAl成分最低含有点の間隔が、0.01～0.1 $\mu$ mであること、を特徴とする高速重切削条件で硬質被覆層がすぐれた耐チップング性を発揮する被覆切削工具部材。

2. 硬質基体表面にTiとAlの複合窒化物、複合炭窒化物から選択される硬質被覆層を1～10 $\mu$ mの平均層厚で物理蒸着してなる被覆切削工具部材において、

前記硬質被覆層が、金属元素全量に対する原子比で、

Zr：0.002～0.1

Y、Ceの1種以上：0.0005～0.05

を共存含有することを特徴とするすぐれた耐摩耗性を発揮する被覆切削工具部材。

3. 前記硬質被覆層の層厚方向に沿って、Al成分最高含有点とAl成分最低含有点とが所定間隔をおいて交互に繰り返し存在し、かつ前記Al成分最高含有点から前記Al成分最低含有点、前記Al成分最低含有点から前記Al成分最高含有点へAl成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、

有点へA 1 成分含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有していることを特徴とする請求項 2 に記載の被覆切削工具部材。

4. 前記A 1 成分最高含有点においては金属元素全量に対する原子比で0. 4 0 ～0. 6 0 のA 1 を含有し、前記A 1 成分最低含有点においては金属元素全量に対する原子比で0. 0 5 ～0. 2 5 のA 1 を含有し、かつ、隣り合う上記A 1 成分最高含有点とA 1 成分最低含有点の間隔が、0. 0 1 ～0. 1  $\mu$ mであることを特徴とする請求項 3 に記載の被覆切削工具部材。

5. 前記硬質基体が炭化タングステン基超硬合金であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の被覆切削工具部材。

6. 前記硬質基体が炭窒化チタン基サーメットであることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の被覆切削工具部材。

7. 前記硬質基体が立方晶窒化硼素基焼結材料基体であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の被覆切削工具部材。

8. アークイオンプレーティング装置内の回転テーブル上に、前記回転テーブルの中心軸から半径方向に離れた位置に切削工具基体を自転自在に装着し、

上記アークイオンプレーティング装置内の反応雰囲気を窒素ガス雰囲気として、上記回転テーブルを挟んで対向配置したA 1 成分最高含有点形成用Ti-A 1-Zr合金のカソード電極およびA 1 成分最低含有点形成用Ti-A 1-Zr合金のカソード電極と、これらカソード電極のそれぞれに並設されたアノード電極との間にアーク放電を発生させ、

もって、上記回転テーブル上で自転しながら回転する上記切削工具基体の表面に、

厚さ方向にそって、A 1 成分最高含有点とA 1 成分最低含有点とが所定間隔において交互に繰り返し存在し、かつ前記A 1 成分最高含有点から前記A 1 成分最

低含有点、前記A 1成分最低含有点から前記A 1成分最高含有点へA 1含有量が連続的に変化する成分濃度分布構造を有し、

さらに、上記A 1成分最高含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ （ただし、原子比で、Xは0.45～0.65、Y：0.01～0.15を示す）、

上記A 1成分最低含有点が、組成式： $(Ti_{1-(x+y)}Al_xZr_y)N$ （ただし、原子比で、Xは0.15～0.40、Y：0.01～0.15を示す）、を満足し、かつ隣り合う上記A 1成分最高含有点とA 1成分最低含有点の間隔が、0.01～0.1  $\mu m$ である、TiとAlとZrの複合窒化物層からなる硬質被覆層を1～15  $\mu m$ の全体平均層厚で物理蒸着すること、を特徴とする高速重切削条件ですぐれた耐チップング性を発揮する硬質被覆層を切削工具基体表面に形成する方法。

9. 前記切削工具基体が炭化タングステン基超硬合金であることを特徴とする請求項8に記載の方法。

10. 前記切削工具基体が炭窒化チタン基サーメットであることを特徴とする請求項8に記載の方法。

11. 前記切削工具基体が立方晶窒化硼素基焼結材料基体であることを特徴とする請求項8に記載の方法。

1/2

FIG. 1A

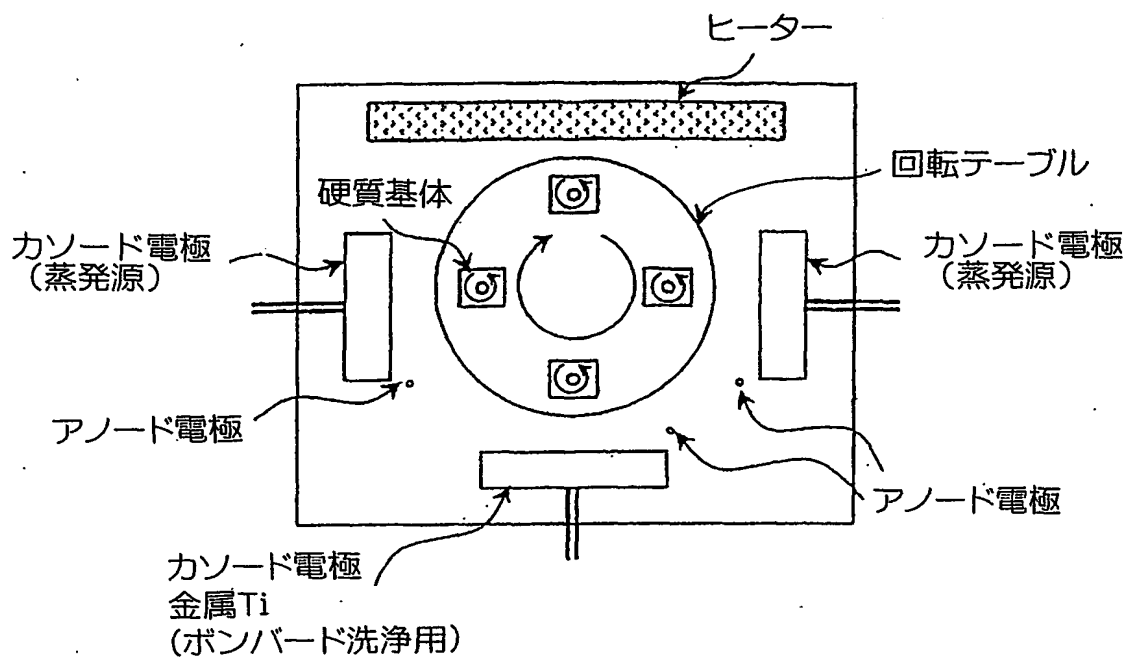
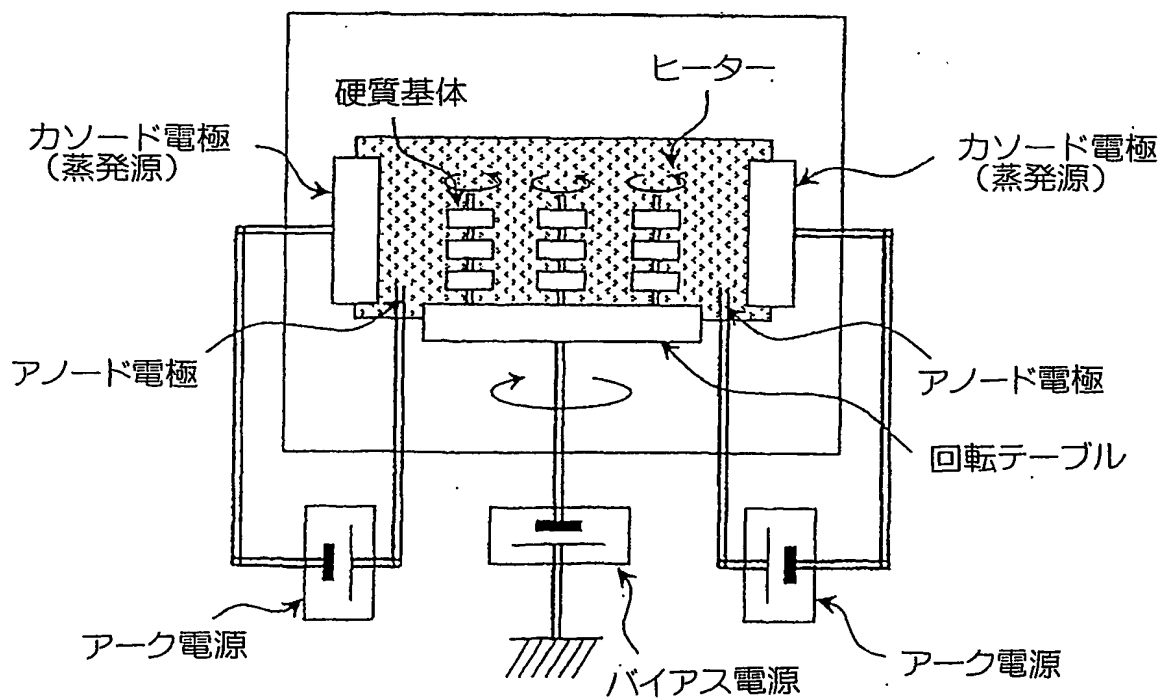
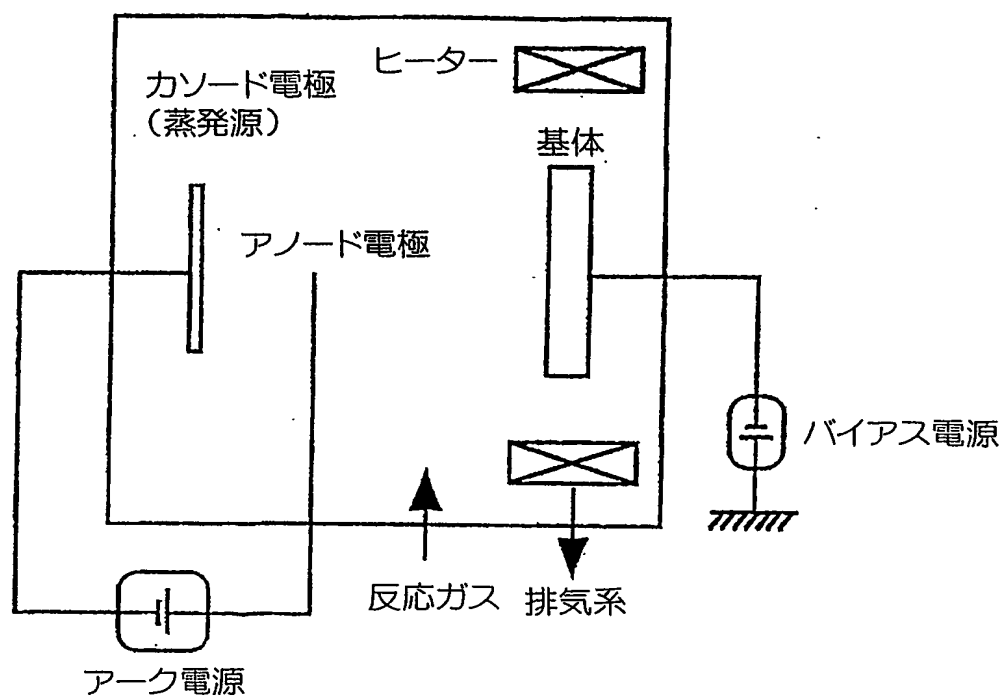


FIG. 1B



2/2

FIG. 2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07866

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> B23B27/14, C23C14/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> B23B27/14, C23C14/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-323205 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 16 December, 1997 (16.12.97), Claims 1, 3; Par. No. [0006] (Family: none)	1-7 8-11
Y	JP 7-97679 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 11 April, 1995 (11.04.95), Par. Nos. [0010], [0011], [0017] to [0021]; all drawings (Family: none)	1,3-11
Y	JP 11-216601 A (OSG Corp.), 10 August, 1999 (10.08.99), Par. Nos. [0003] to [0005] (Family: none)	1,3-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
 19 September, 2003 (19.09.03)

Date of mailing of the international search report  
 07 October, 2003 (07.10.03)

Name and mailing address of the ISA/  
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07866

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-334606 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 05 December, 2000 (05.12.00), Par. No. [0013]; table 1 (Family: none)	2
X	JP 2000-334607 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 05 December, 2000 (05.12.00), Par. Nos. [0013]; table 1 (Family: none)	2
Y	JP 2001-348661 A (Kobe Steel, Ltd.), 18 December, 2001 (18.12.01), Par. No. [0005]; Fig. 23 (Family: none)	8-11
A	JP 7-205362 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 08 August, 1995 (08.08.95), Par. Nos. [0011] to [0012] (Family: none)	1,3-11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07866

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions according to claims 1 and 3 to 11 relate to a coated cutting tool member prepared by repeatedly coating a substrate alternately with coating layers obtained by incorporating Zr or the like into a composite nitride layer or a composite carbonitride layer of Ti and Al with various concentrations of the components.

The invention according to claim 2 to a coated cutting tool member prepared by coating a substrate with a coating layer obtained by only incorporating Zr and one or more of Y and Ce into a composite nitride layer or a composite carbonitride layer of Ti and Al.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 B23B 27/14, C23C 14/06

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 B23B 27/14, C23C 14/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P 9-323205 A (日立ツール株式会社) 1997. 12. 1 6, 請求項1, 請求項3, 段落6 (ファミリーなし)	1-7 8-11
Y	J P 7-97679 A (住友電気工業株式会社) 1995. 04. 1 1, 段落10, 段落11, 段落17~21, 全図 (ファミリーなし)	1, 3-11
Y	J P 11-216601 A (オーエスジー株式会社) 1999. 08. 10, 段落3~5 (ファミリーなし)	1, 3-11
X	J P 2000-334606 A (日立ツール株式会社) 2000. 1 2. 05, 段落13, 表1, (ファミリーなし)	2
X	J P 2000-334607 A (日立ツール株式会社) 2000. 1 2. 05, 段落13, 表1, (ファミリーなし)	2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 09. 03.

国際調査報告の発送日

07.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
 平田 信勝



3C 9032

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2001-348661 A (株式会社神戸製鋼所) 2001. 1 2. 18, 段落5, 第23図 (ファミリーなし)	8-11
A	J P 7-205362 A (住友電気工業株式会社) 1995. 08. 0 8, 段落11~12 (ファミリーなし)	1, 3-11

## 第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲第1、3-11項記載の発明は、TiとAlの複合窒化物層または複合炭窒化物層にZr等を含むもの成分濃度分布を変化させた被覆層を交互に繰り返し被覆したものである。

請求の範囲第2項記載の発明は、TiとAlの複合窒化物層または複合炭窒化物層に、ZrとY、Ceの1種以上を単に含むものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**